

10 / 585053

REPUBLIQUE FRANCAISE

PCT/FR2004/003407
PCT/FR 2004/003407



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété Industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY

PCT/FR2004/003407



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cédex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livreVI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES:
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL:
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT:
DATE DE DÉPÔT:

Jean LEHU
BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 PARIS
France

Vos références pour ce dossier: B14503GF DD2652

1 NATURE DE LA DEMANDE

Demande de brevet

2 TITRE DE L'INVENTION

DISPOSITIF D'EMISSION ELECTRONIQUE MULTIFASCEAUX HYBRIDE A
DIVERGENCE CONTROLEE.

3 DECLARATION DE PRIORITE OU
REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE
DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE
FRANCAISE

Pays ou organisation Date N°

4-1 DEMANDEUR

Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Rue	31-33, rue de la Fédération
Code postal et ville	75752 PARIS 15ème
Pays	France
Nationalité	France
Forme Juridique	Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind

5A MANDATAIRE

Nom	LEHU
Prénom	Jean
Qualité	Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068
Cabinet ou Société	BREVATOME
Rue	3, rue du Docteur Lancereaux
Code postal et ville	75008 PARIS
N° de téléphone	01 53 83 94 00
N° de télécopie	01 45 63 83 33
Courrier électronique	brevets.patents@brevalex.com

6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS

	Fichier électronique	Pages	Détails
Texte du brevet	textebrevet.pdf	42	D 36, R 5, AB 1
Dessins	dessins.pdf	8	page 8, figures 21, Abrégé: page 4, Fig.4
Désignation d'inventeurs Pouvoir général			

7 MODE DE PAIEMENT

Mode de paiement	Prélèvement du compte courant
Numéro du compte client	024

8 RAPPORT DE RECHERCHE

Etablissement immédiat

9 REDEVANCES JOINTES

	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	10.00	150.00
Total à acquitter	EURO			470.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatomme, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)

1er dépôt

PCT/FR2004/003407

R E P U B L I Q U E F R A N C A I S E



BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITE

Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet :

Demande de CU :

DATE DE RECEPTION	30 décembre 2003		
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI		0351228	
Vos références pour ce dossier	B14503GF DD2652		
DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
Nombre de demandeur(s)	1		
Pays	FR		
TITRE DE L'INVENTION			
DISPOSITIF D'EMISSION ELECTRONIQUE MULTIFAISCEAUX HYBRIDE A DIVERGENCE CONTROLEE.			
DOCUMENTS ENVOYES			
package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml	
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf	
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml	
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml		
EFFECTUE PAR			
Effectué par:	J.Lehu		
Date et heure de réception électronique:	30 décembre 2003 14:45:06		
Empreinte officielle du dépôt	0F:91:08:84:25:22:AE:37:64:F9:90:0F:88:87:DA:3D:0C:E4:11:61		

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
INSTITUT 28 bis, rue de Saint Petersbourg
NATIONAL DE 75600 PARIS cedex 08
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 83 59 30

DISPOSITIF D'EMISSION ELECTRONIQUE MULTIFAISCEAUX**HYBRIDE A DIVERGENCE CONTROLEE****DESCRIPTION****5 DOMAINE ET ETAT DE LA TECHNIQUE**

La présente invention concerne les dispositifs d'émission électronique émettant des faisceaux d'électrons, et plus particulièrement un dispositif d'émission multifaisceaux comportant plusieurs sources d'émission d'électrons capables d'émettre plusieurs faisceaux d'électrons en parallèle, avec un système pour focaliser ces faisceaux d'électrons.

Dans le secteur industriel, les dispositifs d'émission électronique sont utilisés comme moyens d'observation et d'analyse microscopique, plus connue sous l'appellation de microscopie à balayage électronique (SEM), comme moyens d'insolation et de gravure (lithographie), notamment dans la lithographie de circuits intégrés, ou comme moyens de test et de mesure, ou encore comme moyens d'écriture ou de stockage.

Dans les applications industrielles, on fait encore appel à des dispositifs d'émission électronique monosources, émettant un seul faisceau d'électrons. Les applications industrielles sont considérablement limitées par l'utilisation de dispositifs monosources qui offrent seulement une faible surface de champ accessible et une faible vitesse de gravure/écriture de circuits intégrés

inhérentes à la lenteur du balayage du faisceau électronique.

Pour se libérer de ces contraintes, le développement se porte vers une «parallélisation» de 5 plusieurs sources, balayant chacune une surface moins importante.

Dans le domaine des dispositifs d'émission électroniques multifaisceaux, on connaît deux types de structures distinctes, la structure assemblée et la 10 structure monolithique.

Le document intitulé « Arrayed miniature electron beam columns for high throughput sub-100 nm lithography » écrit par T.H.P.Chang et D.P.Kern, publié au « Journal of Vacuum Science Technology (American 15 Vacuum Society) », volume B10(6), page 2743 à 2748, paru en novembre/décembre 1992, décrit un dispositif d'émission électronique multifaisceaux 1 composé de colonnes miniatures individuelles 10 à structure assemblée en matrice, tel qu'illustre figure 1A.

20 Comme détaillé figure 1B, chaque colonne 10 se compose d'une pointe 12 à émission de champ d'électrons, associé à une grille d'extraction 13, un diaphragme 14 et une série de microlentilles de Einzel 15, 16, 17 pour focaliser le faisceau d'électrons, et à 25 un groupe de plusieurs déflecteurs latéraux 18 pour dévier le faisceau de façon à obtenir un point de focalisation d'électrons qui balaye une petite surface sur une pastille de substrat 1000 correspondant à la puce de circuit intégré 100 à graver.

30 Chaque colonne comprend un assemblage de microlentilles électrostatiques en silicium, réalisé

indépendamment par technologie MEMS (Microsystème ElectroMécanique, en anglais « Micro Electro Mechanical System »). Chaque colonne comporte en outre un double système de rétroaction, d'une part entre la pointe 12 à émission de champ et le microscope 11 à balayage à effet tunnel, et d'autre part entre l'échantillon 1000 et le microscope STM pour contrôler et rectifier la position de la pointe émettrice 12 et la focalisation du faisceau. Un certain nombre de ces colonnes 10, 10 individuelles indépendantes, sont regroupées et assemblées en damier ou en mosaïque 1 pour graver en parallèle une série de puces de circuits intégrés.

L'inconvénient d'une telle structure est que aucun élément n'est intégré, ni axialement au sein d'une colonne 10, ni à un niveau transversal entre les colonnes voisines 1. La densité d'émetteurs reste donc faible et le temps d'écriture conséquent.

Les structures matricielles monolithiques permettent d'intégrer un plus grand nombre de sources d'émission de faisceaux d'électrons dans un seul dispositif de taille donnée et donc d'envisager des vitesses d'écriture largement supérieures. Typiquement des pas de quelques dizaines de microns peuvent être obtenus.

Le document WO 89/11157 décrit un dispositif d'émission électronique multifaisceaux à structure matricielle intégrée sur un substrat. Comme illustré sur la figure 2, chaque source émettrice 21 d'un faisceau d'électron 29 comporte seulement une pointe 22 émettrice d'électrons (cathode) et une grille annulaire 23 d'extraction des électrons, les sources 21

étant associées à un système de focalisation primitif formé par une plaque métallique 24 à l'arrière du substrat résistif 20 qui génère des lignes de champ 25,25' se projetant à l'avant du substrat, sauf au 5 devant des sources elles-mêmes.

Ce système de focalisation primaire à l'inconvénient d'être disposé à proximité et surtout en position postérieure par rapport aux sources d'émission du faisceau d'électrons. Il ne comporte pas réellement 10 d'optique de focalisation adéquate disposée sur le trajet du faisceau (ni électrode, ni lentille de focalisation). Il ne permet donc pas d'atteindre des résolutions inférieures à 50 nm.

Le document US-5 430 347 décrit un 15 dispositif d'émission individuelle d'un faisceau d'électrons destiné à l'affichage d'images et réalisé par dépôt de couches et dépôt de métallisation sur un substrat illustré figure 3. La source comporte une pointe émettrice, une grille annulaire et une ou deux 20 grilles de focalisation, un écran cathodique luminescent étant disposé à l'opposé, à l'avant de la source.

Le document US-5 430 347 annonce une 25 résolution d'un point image dans le plan de focal d'un diamètre de dix micromètres à une distance de un millimètre de focalisation (spot de 10 µm à 1 mm).

Une telle résolution est tout à fait insuffisante pour des applications telles que la microscopie électronique ou la réalisation de circuits 30 intégrés, domaine dans lequel on cherche à obtenir une résolution nettement inférieure au micromètre, de

l'ordre de quelques dizaines de nanomètres, ce qui est l'ordre de grandeur des motifs à réaliser.

Le document intitulé « Digital Electrostatic Electron-beam array lithography » de 5 L.R. Baylor & al. publié au « Journal of Vacuum Science Technology », volume B20 (6), paru en novembre/décembre 2002, décrit une structure matricielle d'émission d'électrons multifaisceaux intégrée sur un substrat de silicium et illustré sur les figures 3A et 3B.

10 Chaque site 31 d'émission de faisceau de la matrice 30 comporte une source ponctuelle 32 formée par une pointe émettrice en carbone nanométrique, dans l'axe de laquelle se superpose une série d'électrodes annulaires 33,34,35,36. La première électrode 33 est 15 une grille d'extraction ayant pour fonction d'extraire les électrons de la pointe émettrice 32 qui forme la cathode. Les électrodes 34,35,36 successives suivantes, soumises à des potentiels VE, VC, VA, ont pour fonction de focaliser le faisceau 39 d'électrons émis sur une 20 anode 38 faisant face au dispositif. La résolution annoncée pour ce dispositif est de 50 nm de diamètre à une distance W de focalisation de 100 µm seulement.

L'inconvénient de toutes ces structures monolithiques est de nécessiter une maîtrise 25 d'alignement extrêmement poussée de gravure des couches. En particulier, les différents niveaux de métallisation successifs d'électrodes 33,34,35,36 doivent être gravés avec des ouvertures et un alignement très précis, l'un au dessus de l'autre, et 30 ce sur une profondeur de 4 µm, ce qui est

... particulièrement .. délicat .. en .. technologie
microélectronique auto-alignée.

Autre problème, le dépôt de chaque émetteur
32 au fond de la cavité 31' formée par l'empilement des
5 électrodes annulaires ne peut être obtenu que par un
dépôt postérieur à la réalisation complète de la
cavité. L'émetteur doit être précisément aligné et
orienté selon l'axe des ouvertures des électrodes et
également limité en hauteur. De plus, ce dépôt doit
10 être contrôlé de manière homogène pour l'ensemble des
émetteurs de la matrice pour obtenir des comportements
optiques homogènes lors de la focalisation de chaque
sources, ce qui génère des contraintes importantes sur
le dépôt.

15 Par ailleurs, les émetteurs à effets de
champs présentent de façon inhérente des homogénéités
d'émission entre émetteurs (la divergence des faisceaux
varie d'une source à l'autre). De même, l'émission de
chaque source à effets de champ présente des
20 instabilités dans le temps, qui sont généralement
impossibles à prévoir et à contrôler. Ces
inhomogénéités et ses instabilités se traduiront, dans
le cas du dispositif présenté par Baylor, par une
variation de la résolution d'un émetteur au cours du
temps, ainsi que par une inhomogénéité de résolution
25 entre les différents émetteurs, ce qui est incompatible
avec des applications haute résolution. En effet, pour
ce type d'application, il est nécessaire d'avoir une
taille de spot stable dans le temps et homogène entre
30 chaque source.

-- L'objet de l'invention est donc de réaliser un dispositif d'émission électronique multifaisceaux programmable, compact sans les inconvénients précités et avec une résolution optique stable dans le temps et 5 homogène entre les émetteurs.

En particulier un objectif de l'invention est de fournir un ensemble de sources de faisceaux d'électrons dont la divergence est faible et stable dans le temps.

10 Un autre objectif de l'invention est de pouvoir utiliser ce dispositif pour former un ensemble de spots électroniques de dimension nanométriques.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Pour résoudre ces problèmes, l'invention 15 prévoit d'hybrider une structure de diaphragme, ou des moyens formant diaphragme, une structure comportant une pluralité de sources d'émission de faisceaux d'électrons ou des moyens formant source d'émission d'électrons. Ceci apporte d'une part une amélioration 20 au problème de la limitation de résolution lié à la divergence excessive de chaque source émettrice, et, d'autre part, une solution aux problèmes de l'instabilité et de l'inhomogénéité des sources émettrices ou des ouvertures angulaires dans le temps 25 et d'une source à l'autre.

Le dispositif d'hybridation aligne et sépare, à distance donnée, la structure de diaphragme par rapport à la structure de sources d'émission d'électrons.

D'autre part, l'invention prévoit que la structure de diaphragme agit simultanément comme système de focalisation électrostatique. C'est-à-dire que chaque ouverture de diaphragme est polarisée et 5 formée de façon à former une lentille électrostatique.

En outre, l'invention prévoit d'utiliser cette source d'émission hybride dans un système de focalisation magnétique appelé ici optique de projection magnétique ou électrostatique ou 10 électromagnétique.

L'invention prévoit ainsi d'hybrider une électrode de diaphragme structurée sur une structure de base matricielle d'émetteurs implantée dans un substrat. L'électrode structurée joue notamment le rôle 15 de diaphragme pour chaque faisceau d'électrons émis par chaque source à effet de champ correspondante.

Selon une forme de réalisation, la structure matricielle d'émetteur peut être une structure simple de base, ne comportant pas elle-même 20 de système de focalisation, c'est à dire sans niveau intégré de focalisation dans le substrat. L'invention s'applique en particulier à des structures matricielle d'émetteurs dans laquelle les sources d'émission sont disposées selon un réseau à pas micrométriques, c'est- 25 à-dire avec un écartement entre sources de l'ordre d'un micromètre à un millimètre.

De façon avantageuse selon l'invention, la réalisation de la structure matricielle d'émetteur est largement simplifiée.

30 L'invention est réalisée avec un dispositif d'émission électronique à plusieurs faisceaux

d'électrons comprenant une première structure, ou des premiers moyens, comportant une pluralité de source d'émission de faisceaux d'électrons hybridés avec une deuxième structure, ou des deuxièmes moyens,
5 comportant une pluralité d'ouverture de diaphragme.

Selon l'invention la deuxième structure est formée par une électrode ou une membrane, métallique ou conductrice.

Selon l'invention, l'hybridation entre la
10 première structure d'émission de faisceaux d'électrons et la deuxième structure d'électrode de diaphragme est réalisée par l'entremise de billes métalliques notamment de billes composées d'alliage de métaux fusibles ou de billes composées d'or.

15 Alternativement, l'hybridation entre la première et la deuxième structure peut être réalisée par l'entremise d'un ou de plusieurs films à conduction anisotrope.

De préférence, la première structure
20 comporte un agencement périodique des sources d'émission d'électrons, la première structure ayant par exemple un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire ; l'agencement peut être périodique et régulier ou irrégulier.

25 De même, la deuxième structure a de préférence un agencement périodique des ouvertures de diaphragme, la deuxième structure ayant par exemple un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire, périodique et régulier ou 30 irrégulier. Cet agencement peut être similaire à celui

d'électrons comprenant une première structure, ou des premiers moyens, comportant une pluralité de source d'émission de faisceaux d'électrons hybridés avec une deuxième structure, ou des deuxièmes moyens, comportant une pluralité d'ouverture de diaphragme.

Selon l'invention la deuxième structure est formée par une électrode ou une membrane, métallique ou conductrice.

Selon l'invention, l'hybridation entre la première structure d'émission de faisceaux d'électrons et la deuxième structure d'électrode de diaphragme est réalisée par l'entremise de billes métalliques notamment de billes composées d'alliage de métaux fusibles et/ou de billes composées d'or.

Alternativement, l'hybridation entre la première et la deuxième structure peut être réalisée par l'entremise d'un ou de plusieurs films à conduction anisotrope.

De préférence, la première structure comporte un agencement périodique des sources d'émission d'électrons, la première structure ayant par exemple un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire ; l'agencement peut être périodique et régulier ou irrégulier.

De même, la deuxième structure a de préférence un agencement périodique des ouvertures de diaphragme, la deuxième structure ayant par exemple un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire, périodique et régulier ou irrégulier. Cet agencement peut être similaire à celui

de la première structure ou différent selon l'application.

Il est prévu qu'au moins un côté de la structure d'électrode de diaphragme soit plongée dans 5 un champ électrique d'accélération des électrons.

Le dispositif selon l'invention peut comporter également un système de focalisation électrostatique et/ou magnétique disposé au-delà de la deuxième structure, c'est-à-dire après l'intervalle 10 d'hybridation entre la première structure d'émission à faisceaux d'électrons et la deuxième structure d'ouverture de diaphragme. Avantageusement le dispositif pourra baigner dans un champ magnétique uniforme résultant d'un dispositif de projection 15 magnétique.

La première structure de source d'émission peut également comporter elle même un système d'électrodes de collimation électrostatique participant à la focalisation et aménagé au dessus de chaque source 20 d'émission implantées sur le substrat.

Il est prévu, selon l'invention, que la deuxième structure d'électrode de diaphragme soit soumise à un potentiel de polarisation et contribue ainsi elle-même au processus de focalisation des 25 faisceaux.

Selon un mode de réalisation perfectionné, la deuxième structure d'électrode de diaphragme présente des ouvertures de diaphragme dissymétriques d'un côté par rapport à l'autre côté de la paroi formée 30 par le diaphragme.

- Selon une forme de réalisation, chaque ouverture de diaphragme comporte des bords d'ouvertures taillées en biseau, par exemple en biseau plan, ou des bords d'ouvertures de forme concave ou encore des bords 5 d'ouvertures de forme convexe. Il est prévu, notamment, que chaque ouverture ou au moins une ouverture de diaphragme, présente une surface d'ouverture supérieure d'un côté du diaphragme par rapport à la surface d'ouverture opposée de l'autre côté du diaphragme. De 10 façon avantageuse dans ce cas, il est prévu que les ouvertures de diaphragme soient orientées de sorte que l'ouverture de plus grande surface soit face à un champ électrique de valeur supérieure, à l'ouverture de surface plus petite.
- 15 Selon un autre mode de réalisation, la deuxième structure comporte deux niveaux d'électrodes ou deux niveaux de membranes métalliques ou conductrices, distinctes, séparées par un matériau isolant ou des couches diélectriques, de façon à 20 contrôler indépendamment le champ électrique à l'entrée et la sortie de diaphragme.

Selon un autre mode de réalisation, il est prévu que chaque ouverture de l'électrode structurée soit soumise à une polarisation électrique différente 25 des autres ouvertures, les ouvertures étant aménagées dans des portions de membrane conductrice ou métallique, séparées les unes des autres par des parties isolantes.

BREF EXPOSE DES DESSINS

D'autres caractéristiques, objectifs et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description ci-après de modes de réalisation de 5 l'invention, faite à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- les figures 1A et 1B représentent un dispositif d'émission électronique multifaisceaux à structure matricielle, composée de plusieurs colonnes 10 miniatures individuelles assemblées les unes à côté des autres, selon l'état de la technique ;

- la figure 2 représente un dispositif d'émission électronique multifaisceaux à structure matricielle intégrée sur un substrat, avec un système 15 de focalisation primaire à l'arrière du substrat, selon l'état de la technique ;

- les figures 3A et 3B représentent un dispositif d'émission électronique multifaisceaux à structure intégrée sur un substrat comportant plusieurs 20 niveaux d'électrodes de focalisation au dessus de chaque source, selon l'état de la technique ;

- la figure 4 représente un schéma synoptique de la structure d'un dispositif d'émission électronique multifaisceaux hybride programmable, selon 25 l'invention ;

- la figure 5 représente une vue d'ensemble d'un dispositif d'émission électronique multifaisceaux hybride programmable, couplé avec une système de focalisation électromagnétique et une anode 30 d'accélération électrostatique, selon l'invention ;

la figure 6 représente de façon détaillée, un mode de réalisation de la structure d'émission de faisceaux d'électrons du dispositif, selon l'invention ;

5 - les figures 7A et 7B représentent des détails de deux modes de réalisation de la structure d'électrode comportant des ouvertures de diaphragme du dispositif, selon l'invention ;

10 - les figures 8A, 8B et 8C représentent des détails de modes de réalisation des ouvertures de diaphragme du dispositif, selon l'invention ;

15 - la figure 9 représente des détails d'un mode de réalisation de système d'hybridation entre la structure de diaphragme et la structure d'émission de faisceaux d'électrons du dispositif, selon l'invention ;

20 - la figure 9' représente une autre forme de réalisation du système d'hybridation du dispositif, selon l'invention, les vues 9'A, 9'B et 9'C représentant des alternatives de réalisation du système d'hybridation en fonction de la structure de la matrice d'émission.

25 - les figures 10, 11 et 12 représentent des vues d'ensembles de dispositifs comportant une structure de source d'émission hybridée avec une structure d'ouverture de diaphragme, selon l'invention, disposés selon un agencement matriciel bidimensionnel, un agencement linéaire et un agencement multi-linéaire.

EXPOSÉ DETAILLE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

Les figures 4 et 5 montrent l'architecture générale du dispositif d'émission électronique mis en œuvre par l'invention.

5 Selon la vue d'ensemble de réalisation d'un dispositif complet illustré figure 5, le dispositif d'émission électronique selon l'invention peut notamment être mis en œuvre au sein d'un système global d'émission électronique multifaisceaux à haute 10 résolution 5 qui comprend une anode 40 et un système de focalisation 4 appelé ici « optique de focalisation ».

L'optique de focalisation 4 est destinée à focaliser chaque faisceau d'électron 59 émis par une source ponctuelle à effet de champ, sous forme d'un 15 spot électronique, c'est-à-dire d'une image ponctuelle concentrée dans le plan focal, matérialisé ici par l'anode 40, qui peut être aussi un écran ou encore un échantillon, qu'il s'agisse d'un échantillon microscopique à observer ou d'un substrat semi- 20 conducteur (« wafer ») recouvert d'une résine à insoler. L'anode 40 sert à accélérer les faisceaux d'électrons.

25 L'optique de focalisation 4 peut être un système de projection magnétique, ou un système combinant des lentilles électrostatiques et/ou magnétiques. Dans le cas d'une projection magnétique, l'optique de focalisation 4 est répartie sur l'ensemble du dispositif.

30 La figure 4 représente l'architecture du dispositif d'émission électronique 50 lui-même, selon l'invention.

Le dispositif, selon l'invention, comprend une première structure 6 formée par exemple d'une plaquette de substrat semi-conducteur 60, par exemple en silicium, sur lequel est implanté un circuit 5 d'adressage, en technologie CMOS par exemple, et comportant une pluralité de sources 61 d'émission de faisceaux d'électrons, agencées sous forme matricielle ou du moins selon un agencement périodique régulier, ou irrégulier.

10 Le dispositif 50 selon l'invention, comporte d'autre part, une deuxième structure 7 formée par une électrode structurée 70 comportant une pluralité d'ouvertures de diaphragme 8 aménagées également selon un agencement matriciel ou du moins 15 selon un agencement périodique régulier, ou irrégulier, et qui avantageusement correspond à l'agencement des sources d'émission de la première structure 6.

Selon l'invention, la plaquette de substrat 60 comportant la pluralité de source d'émission à effet 20 de champ 61 formant la structure de base 6, est hybridée avec l'électrode structurée 70 comportant la pluralité d'ouvertures de diaphragme 8 et formant la deuxième structure 7, par l'intermédiaire d'un système d'hybridation 9-9'.

25 La deuxième structure 7 comportant des ouvertures de diaphragme 8, est de préférence réalisée dans une électrode métallique ou dans une membrane conductrice 70. De façon générale, une partie ou la totalité de la deuxième structure 7 est conductrice 30 pour pouvoir évacuer les charges électroniques

transférées par les électrons dont la propagation est interrompue par le diaphragme 70.

Selon le mode de réalisation illustré figure 4, le système d'hybridation 9 se compose de 5 billes d'hybridation 90 composées de manière avantageuse de métal ou d'alliage métallique fusible et de forme sphérique ou oblongue, par exemple.

Le système d'hybridation 9, 9' permet avantageusement de positionner horizontalement et 10 verticalement la structure 7 sur la structure 6. La distance d'écartement X entre ces deux structures est définie par la taille des billes d'hybridation 90. Elle peut être choisie sur une plage très étendue de valeur allant de l'ordre du micromètre jusqu'à l'ordre du 15 millimètre.

Comme schématisé sur la figure 4, l'avantage de l'invention est que chaque ouverture 8 transmet seulement un faisceau d'électrons émergent 59 de divergence réduite, par rapport à la divergence 20 initiale du faisceau d'électrons 69 issu de la source émettrice 61. Cette divergence devient en particulier indépendante des instabilités des sources et des inhomogénéités d'émission des sources.

Selon le schéma de la figure 4, le 25 dispositif selon l'invention comporte trois structures distinctes :

- la structure matricielle d'émission 60 qui comporte une pluralité de source d'émission de faisceaux d'électrons 61,
- 30 - une structure 7 d'électrode comportant une pluralité d'ouvertures de diaphragme structuré, et

... un système d'hybridation 9-9' intercalé entre la structure matricielle d'émission 6 et l'électrode structurée 7.

L'invention permet de contrôler, d'une 5 part, les dimensions des ouvertures 8, et, d'autre part, l'espacement de la deuxième structure 7 de diaphragme par rapport à la première structure 6 d'émission d'électrons, ce qui permet de contrôler la divergence de chaque faisceau d'électrons émergeant 10 d'une ouverture de diaphragme et d'obtenir la divergence souhaitée. Avec une optique de projection magnétique raisonnable (correspondant à un champ magnétique uniforme de 0,3 teslas), une divergence de quelques degrés permet d'envisager la focalisation des 15 faisceaux sous forme de spots ponctuels d'une résolution d'ordre nanométrique.

L'électrode 70 percée d'ouvertures de diaphragme 8, qui forme la deuxième structure 7, a, lorsqu'elle est placée dans un champ d'anode non nul, 20 elle-même un effet de lentille. Cet effet doit être contrôlé car il peut selon les cas gêner ou participer à la focalisation.

Il est prévu en effet, pour la plupart des applications, que le dispositif complet 5 baigne dans 25 un champ électrique d'accélération, un tel champ électrique E uniforme pouvant être généré par la polarisation de la matrice d'émetteur 60, de l'électrode hybridée 70 et d'une anode 40 qui fait face au dispositif d'émission d'électrons 50. Chaque 30 ouverture 8 aménagée dans l'électrode hybridée 70 a alors un effet de lentille de focalisation. Selon un

... mode de réalisation avantageux, les ouvertures du diaphragme 8 peuvent avoir un profil taillé en biseau, ce qui permet de limiter les aberrations du faisceau électronique auprès du bord des ouvertures et 5 d'augmenter la résolution accessible avec ce dispositif.

C'est pourquoi, le dispositif d'émission électronique 50, selon l'invention, s'intègre avantageusement comme source d'émission dans un système 10 5 électronique multifaisceaux à haute résolution, comme celui illustré figure 5 qui comprend un système de focalisation 4 et une anode 40 d'accélération des faisceaux d'électrons 59/49.

L'invention permet d'obtenir une série de 15 faisceaux d'électrons parallèles 59 à la sortie du dispositif d'émission électronique 50, chaque faisceau présentant seulement un angle de divergence de l'ordre d'une fraction de degré à quelques degrés. En mettant en œuvre un système 4 de focalisation (par exemple un 20 système de projection magnétique générant un champ magnétique B de l'ordre de quelques centièmes de Tesla à plusieurs dixièmes de Tesla), l'invention permet d'obtenir des résolutions nanométriques.

L'invention permet ainsi avantageusement :
25 - la réalisation séparée d'une première structure 6 comportant une matrice à une ou deux dimensions de sources d'émission de faisceaux d'électrons, et d'une deuxième structure 7 comportant une matrice d'ouvertures de diaphragme ;
30 - le report de la deuxième structure 7 sur la première structure 6 ;

- le contrôle de l'espacement X entre la deuxième structure 7 et la première structure 6 ;
- le contrôle d'alignement entre les ouvertures 8 de la deuxième structure 7 et les sources 5 d'émission 61 de la première structure 6 ; et,
- la mise en contact électrique entre certaines parties conductrices 60 de la première structure 6 et certaines parties conductrices 70 de la deuxième structure 7.

10 Maintenant, des exemples de réalisation de la première structure d'émission d'électrons, de l'électrode de diaphragme formant la deuxième structure, des ouvertures de diaphragme ainsi que du système d'hybridation vont être détaillés ci-après.

15 La figure 6 représente un exemple de réalisation de la structure d'émission de faisceaux d'électrons mis en œuvre selon l'invention.

Comme schématisé sur la figure 6, la structure de source d'émission d'électrons est intégrée 20 sur un support 60 de substrat semi-conducteur, par exemple du silicium, sur lequel est implanté un circuit intégré tel qu'un circuit d'adressage matriciel pour écrire et programmer les faisceaux d'électrons, pouvant comporter des portes logiques ou des mémoires, réalisé 25 en technologie CMOS (technologie d'implantation de composant sur Semiconducteur à Oxyde de Métal Complémentaire).

Les sources émettrices d'électrons 62 sont implantées à la surface du substrat 60 qui est relié à 30 la masse. Les émetteurs 62 peuvent être constituées de pointes métalliques ou de pointes semi-conductrices, de

tubes nanométriques en fibres de carbone (en anglais « carbon nanofibers »), voire de films minces en carbone ou en silicium poreux par exemple. Plusieurs pointes émettrices 62 peuvent éventuellement être 5 regroupées pour constituer une seule source 61 d'émission électronique. Les sources émettrices 62 peuvent être implantées en réseau matriciel à une dimension ou à deux dimensions, notamment selon un agencement périodique régulier à deux dimensions, ou un 10 agencement linéaire à pas régulier à une dimension, ou un agencement multilinéaire sur plusieurs axes parallèles à une dimension, ou encore selon un agencement à pas irrégulier. Les sources émettrices 62 sont déposées dans des ouvertures aménagées dans une 15 couche diélectrique 63 en matériau isolant, par exemple une couche d'oxyde. L'épaisseur de la couche d'oxyde 63 est de l'ordre de quelques dizaines à quelques milliers de nanomètres. Un niveau de métallisation 64 est déposé à la surface de la couche d'isolant 63 pour former une 20 électrode d'extraction polarisée à une tension positive Vg. Des ouvertures, typiquement circulaires, sont aménagées dans l'axe des sources émettrices 62 de façon à former une grille annulaire autour de chaque pointe émettrice 62 qui constitue une cathode. L'ouverture de 25 la grille annulaire peut atteindre une dimension de l'ordre de quelques dixièmes de micromètres à quelques micromètres, suivant le type de source émettrice utilisée.

Selon l'alternative de réalisation 30 illustrée sur la figure 6, l'électrode d'extraction 64 est surmontée par une autre couche diélectrique 65 et

par un autre niveau de métallisation 66 formant une seconde électrode isolée électriquement de l'électrode d'extraction 64. Cette seconde électrode 66 est percée d'ouvertures, circulaires typiquement, de dimensions généralement supérieure aux ouvertures de grille d'extraction de la première électrode 64. La seconde électrode 66 est polarisée à une tension V_e , de façon à former un premier niveau de lentilles de focalisation. L'épaisseur typique des électrodes conductrices est de l'ordre de quelques centaines de nanomètres.

Selon l'invention, l'électrode de diaphragme 70 qui constitue la deuxième structure 7 est reportée par hybridation 9 sur la première structure d'émission 6 formée par la plaquette de substrat de base 60, sur laquelle est implanté l'arrangement matriciel des sources émettrices à effet de champ 61.

L'hybridation consiste à reporter et à assembler la deuxième structure 70 sur la première structure 60 en disposant, de façon intercalaire, des moyens d'hybridation 9 et 9'.

Selon le mode de réalisation décrit précédemment (figure 4), les moyens d'hybridation 9 sont formés par des billes métalliques 90. Dans une première forme de réalisation, les billes d'hybridation 25 sont composées d'alliages fusibles de métaux. Les billes peuvent être de forme circulaire, oblongue ou de toute autre forme, par exemple en forme de champignon notamment.

La hauteur x des billes d'hybridation 90 permet de contrôler l'espacement entre l'électrode de diaphragme 70 qui forme la deuxième structure 7 et le

substrat d'émission 60 qui forme la première structure de base 6. Les billes d'hybridation 90 ont de préférence des dimensions micrométriques, ces microbilles ayant de préférence une taille comprise entre un micromètre et plusieurs centaines de micromètres. De tels moyens d'hybridation permettent de maintenir une distance d'écartement X entre la deuxième structure 7 et la première structure 6 comprise entre une fraction de micromètre et un millimètre, selon les moyens d'hybridation utilisés.

Les techniques d'hybridations par bille à alliage fusible permettent en outre de réaliser un alignement automatique et contrôlé (au micromètre près) des ouvertures 8 de diaphragme de la deuxième structure 7 par rapport aux sources émettrices 61 de la première structure 6. C'est la mise en fusion des billes qui permet (via des forces de tension superficielles) de réaliser cet auto-alignement entre les structures 6 et 7. Cette technique permet donc notamment un auto-alignement entre les moyens d'émission de faisceaux d'électrons et les moyens de réduction de la divergence selon l'invention.

Dans le cas d'une hybridation par billes d'or, l'assemblage s'effectue non pas par fusion des billes mais par thermocompression. La précision d'assemblage est alors données par la précision des machines d'alignement des structures assembler. Ces différentes techniques d'hybridation sont par exemple décrites dans l'article Electronic production and test - Advanced Packaging, p. 32 - 34, Avril 1999.

Les figures 9 à 9'C illustrent plusieurs configurations d'hybridation à l'interface entre la deuxième structure d'électrode de diaphragme 70 et la première structure de base d'émission électronique 60.

5 La figure 9 montre un premier mode de réalisation dans lequel les billes d'hybridation 90 sont intercalées dans les zones périphériques du dispositif entre les bords de la deuxième structure 7 et les bords de la première structure 6. Ainsi, selon
10 ce mode de réalisation, les billes d'hybridation 90 sont disposées en dehors des zones de propagation des faisceaux d'électrons et à l'endroit où l'électrode de diaphragme 70 qui forme la seconde structure 7 peut être considérablement épaisse pour renforcer sa tenue
15 mécanique.

La figure 9' représente un autre mode de réalisation dans lequel, plusieurs microbilles d'hybridation 90 sont disposées, non seulement dans les zones périphériques entre la bordure de l'électrode de diaphragme 7 et la bordure de la plaque de substrat 60 formant la deuxième structure d'émission électronique 6, mais également dans la zone centrale correspondant à la partie active du substrat 60 comportant les sources d'émissions d'électrons 61 et la zone centrale de l'électrode de diaphragme 70 qui comporte les ouvertures 8 de diaphragme. Les microbilles d'hybridation 90 sont alors disposées autour de chaque cellule d'émission à effet de champ, et se dressent comme des colonnes dans les intervalles séparant les espaces de propagation des faisceaux d'électrons parallèles.
20
25
30

Les microbilles d'hybridation disposées dans la zone centrale ou partie active du dispositif ont pour fonction, alternativement ou cumulativement, de renforcer la tenue de l'assemblage mécanique entre 5 la mince électrode de diaphragme 70 (deuxième structure) et la plaquette de substrat 60 (première structure), et/ou de mettre en contact électrique les parties conductrices de l'électrode de diaphragme 70 avec certaines parties conductrices de la plaquette de 10 substrat 60.

Une telle disposition s'applique particulièrement à la réalisation d'un dispositif selon l'invention comportant une électrode de diaphragme 7 à structure réticulée ou alvéolaire et comportant des 15 cloisons d'isolants séparant des caissons conducteurs dans lesquels sont aménagées les ouvertures de diaphragme 8.

La figure 9'A illustre une première forme de réalisation dans lequel les microbilles 20 d'hybridation 91 disposées dans la zone centrale mettent en contact directement des parties du substrat 60 avec les zones conductrices 70 entourant les ouvertures 80.

La figure 9'B illustre une variante de 25 réalisation dans laquelle les microbilles d'hybridation 92 de la zone centrale prennent appui sur l'électrode 64 de grille d'extraction des électrons déposée sur une couche diélectrique qui la sépare et l'isole du substrat 60, dans lequel sont aménagées ou implantées 30 les sources émettrices d'électrons 61. Ici, les billes d'hybridation 92 relient électriquement les zones de

l'électrode de diaphragme 70 s'étendant autour des ouvertures 80 avec l'électrode d'extraction électronique 64 qui est soumise à un potentiel ou une tension de grille d'extraction V_g .

5 La figure 9'C illustre une autre variante de réalisation dans laquelle des microbilles d'hybridation 93 prennent appui sur l'électrode de focalisation 66 qui est prévue dans certaines formes de réalisation de la première structure 6, par exemple 10 celui de la figure 6, et qui surmonte l'électrode de grille d'extraction électronique 64 déposée au dessus du substrat semi-conducteur 60 dans lequel sont implantées les sources émettrices d'électrons 61.

Dans cet exemple de réalisation, les 15 microbilles d'hybridation disposées dans la partie centrale permettent de relier électriquement les zones de l'électrode de diaphragme 70 entourant les ouvertures 80 avec l'électrode de focalisation 66 qui est soumise à un potentiel ou une tension de 20 polarisation V_e .

Les figures 7A et 7B représentent deux modes de réalisation de la deuxième structure et montrent l'allure générale de l'électrode hybridée 70. Les profils en biseau des ouvertures de diaphragme, 25 détaillés ultérieurement, ne sont pas représentés sur les figures 7A et 7B.

La figure 7A représente un premier mode de réalisation dans lequel la deuxième structure est composée d'une membrane 70 conductrice surmontée d'une 30 surépaisseur 72 du matériau conducteur ou de l'épaisseur 72 de dépôt d'une couche d'un autre

matériau qui peut être indifféremment conducteur, semi-conducteur ou diélectrique. L'épaisseur de la membrane conductrice 70 de diaphragme qui intercepte les faisceaux d'électrons autour des ouvertures de 5 diaphragme 8, est de l'ordre d'une fraction de micromètres (par exemple 0,1 µm) à plusieurs centaines de micromètres (par ex. 500 µm). En dehors des zones entourant les ouvertures de diaphragme 8, l'épaisseur de la deuxième structure peut atteindre des valeurs 10 beaucoup plus importantes, par exemple des épaisseurs cumulées allant jusqu'à environ un millimètre, notamment sur les bords, à la périphérie de la deuxième structure afin d'améliorer la tenue mécanique ou la résistance aux déformations d'origine thermique de 15 l'ensemble de la deuxième structure 7A.

La partie conductrice 70 de l'électrode hybridée 7A est soumise à un potentiel de polarisation Vd pour contrôler le champ électrique d'accélération des électrons entre le dispositif d'émission et l'anode 20 et/ou obtenir un effet de focalisation électrostatique, comme détaillé par la suite.

La figure 7B représente un autre mode de réalisation plus complexe de la deuxième structure 7B qui comporte ici deux électrodes successives 70 et 75, 25 afin d'augmenter les stratégies de polarisation de la structure 7B.

Sur la réalisation de la figure 7B, comme dans l'exemple de la figure 7A, la deuxième structure 7B comporte une première membrane 70 conductrice ou 30 semi-conductrice formant une première électrode percée d'ouvertures de diaphragme 8. La membrane est surmontée

d'une couche de matériau diélectrique 71, d'épaisseur moyenne de l'ordre du micromètre, percée d'embrasures 73 aux emplacements correspondant au droit des ouvertures de diaphragme 8, les embrasures 73 étant de 5 préférence de dimensions supérieures à la dimension des ouvertures de diaphragme elles-mêmes. L'épaisseur de la partie conductrice 70 peut être réduite à une épaisseur de l'ordre de quelques dixièmes de micromètres. La couche diélectrique est surmontée d'une membrane 10 uniforme conductrice 75 qui forme une seconde électrode. L'épaisseur de la couche diélectrique 71 isolant électriquement les électrodes 70 et 75 entre elles, peut aller du micron à la dizaine de microns. L'épaisseur de la membrane conductrice 70 dans les 15 zones qui interceptent les faisceaux d'électrons, autour des ouvertures de diaphragmes 8, peut aller de l'ordre d'un dixième de micromètre à plusieurs centaines de micromètres (par exemple 500 µm). Toutefois, la seconde électrode 75 peut être 20 surépaisse ou surmontée d'une couche 76-77 d'un autre matériau conducteur, semi-conducteur ou diélectrique, dont l'épaisseur peut atteindre jusqu'à environ un millimètre. Ces surépaisseurs, qu'elles soient aménagées dans le corps même du matériau de la seconde 25 électrode 75, ou dans un matériau différent, conducteur ou isolant 77, sont disposées en dehors des zones d'ouvertures de diaphragme 8, notamment sur les bords périphériques de l'électrode pour améliorer la tenue mécanique ou thermique de la deuxième structure 7B. Des 30 embrasures 78 sont alors aménagées au droit des ouvertures de diaphragme 8. Selon l'exemple de la

figure 7B, les embrasures 78 aménagées dans les surépaisseurs de la seconde électrode ont des dimensions supérieures aux dimensions des ouvertures de diaphragme 8 aménagées dans la seconde électrode 75 elle-même.

Le diamètre des plus petites ouvertures de diaphragme 8 aménagées dans les électrodes peut atteindre un dixième de micromètre à plusieurs dizaines de micromètres (par exemple 50 μm), la dimension supérieure des ouvertures de diaphragme les plus grandes n'étant pas limitée.

Chaque électrode 70, 75 formée par une membrane conductrice est soumise à un potentiel respectif de polarisation pour former un champ d'accélération électrostatique des électrons de chaque côté de la deuxième structure et entre les deux électrodes 70, 75.

Dans les exemples de réalisation de la figure 7A et 7B, chaque électrode 70 ou 75 est soumise à un potentiel V_d , V_{d1} ou V_{d2} uniforme sur toute la surface de chaque électrode 70 ou 75. Toutes les ouvertures de diaphragmes 8 de chaque électrode 70 ou 75 sont donc soumises aux mêmes potentiels électriques.

Alternativement, selon un autre mode de réalisation non illustré, il est prévu que les ouvertures puissent être soumises respectivement à des potentiels individuels distincts. La deuxième structure peut ainsi être implantée dans un substrat ou un matériau à structure alvéolaire ou réticulée, comportant des caissons de silicium séparés par des bandes d'isolants, notamment en utilisant des briques

selon la technologie connue sous l'appellation SIBOX. Dans ce type de matériau technologique, chaque caisson semi-conducteur est isolé électriquement des autres caissons semi-conducteurs voisins. La deuxième 5 structure 7 est implantée dans ce substrat ou ce matériau technologique, chaque caisson individuel isolé étant alors percé d'une ou de plusieurs ouvertures de diaphragme 8. L'ouverture ou le groupe d'ouvertures de diaphragme appartenant à un caisson peut alors être 10 soumis individuellement à un potentiel respectif, de façon à focaliser, individuellement ou par groupe, chaque faisceau d'électrons qui traverse ces ouvertures de diaphragme.

Un avantage de ce mode de réalisation est 15 de permettre de contrôler la divergence et la qualité optique des faisceaux transmis.

La figure 8C est un diagramme faisant apparaître l'allure des trajectoires des électrons issus d'une source d'émission ponctuelle au travers 20 d'une ouverture de diaphragme 70 à profil biseauté. Comme on le voit dans l'angle inférieur de la figure 8C, le premier effet de l'ouverture de diaphragme est de limiter l'ouverture angulaire du faisceau d'électrons transmis à travers la deuxième structure de 25 diaphragme 70. Par exemple, avec une ouverture de diaphragme de dimension de 5 micromètres, disposée à une distance de 20 micromètres de la source émettrice ponctuelle, la partie la plus étroite de l'ouverture de diaphragme 84 limite l'ouverture angulaire du faisceau 30 à +/-4 degrés d'angle.

Sur l'exemple de la figure 8C, le champ électrique est nul ($E_1=0$) entre la source émettrice située à l'origine et le premier côté 85 de la structure de diaphragme 70. De l'autre côté de la 5 deuxième structure 70, un champ électrique uniforme de l'ordre de 1 volt/micromètre ($E_2=10^6$ V/m) est imposé par une anode (non représentée) qui fait face à l'électrode 70 formée par la deuxième structure. L'ensemble des trajectoires d'électrons est soumis à un 10 champ magnétique uniforme de l'ordre de quelques dixièmes de Tesla (par exemple 0,3 T). On observe alors que les trajectoires des électrons 86, 87, 88, 89 se recourbent et se rabattent vers l'axe de propagation 89 sous l'effet de l'accélération électrostatique et de la 15 focalisation magnétique. Le profil d'ouverture en biseau 80 permet de limiter les aberrations du faisceau électronique à la traversée du diaphragme 70, le long du bord d'ouverture 83. L'effet de diaphragme est réalisé dans la partie de la deuxième structure de 20 diaphragme 70 où l'ouverture est la plus réduite 84. Une telle disposition permet d'obtenir une excellente qualité du faisceau électronique. Le biseautage de la partie supérieure 83 du diaphragme permet d'atteindre 25 une résolution inférieure à 10 nm et ainsi de diviser par cinq les dimensions du spot (point de focalisation) obtenu avec le dispositif selon l'invention, par rapport à des ouvertures de diaphragme sans biseautage, ce qui est la conséquence de la réduction des aberrations à la traversée du diaphragme 70. Ainsi de 30 façon avantageuse le biseautage des ouvertures de diaphragme du dispositif selon l'invention, permet de

... quintupler la résolution du point de focalisation d'un faisceau électronique.

En outre, l'invention prévoit que le champ électrique E n'est pas uniforme à la traversée du diaphragme, chaque côté de l'électrode de diaphragme étant exposé à des champs électriques E₁, E₂ de valeurs différentes.

Selon l'invention, l'orientation de l'ouverture du biseau 83 dépend de préférence de l'orientation du gradient de champ électrique à la traversée du diaphragme 70. Il est prévu que la partie la plus étroite 81 ou 84 de l'ouverture 80 de diaphragme fait face à un champ électrique moins important que la partie la plus large 82 ou 83 de l'ouverture 80 de diaphragme. L'orientation du biseau 83 de l'ouverture 80 dépend donc de la polarisation de l'électrode 70 vis-à-vis du dispositif d'émission électronique 60 et vis-à-vis de l'anode accélératrice ou focalisatrice 40, par exemple.

La figure 8A représente un premier mode de réalisation dans lequel les ouvertures 80 de diaphragme 70 forment des biseaux 83 débouchant dans la direction de propagation des faisceaux électroniques et sont soumis à un gradient de champ électrique E₁/E₂ croissant dans le sens de propagation des électrons. Le biseau 83 de l'ouverture 80 est orienté de sorte que le premier côté du diaphragme 70 présentant l'ouverture la plus étroite 81, ou présentant la section d'ouverture inférieure 81, est exposé à un champ électrique E₁ ayant une première valeur inférieure à une deuxième valeur de champ électrique E₂ qui baigne l'autre côté

82 du diaphragme 70. Le second côté de l'ouverture 80 qui présente une largeur d'ouverture débouchante 82 supérieure à la première ouverture 81, ou du moins une section d'ouverture d'aire 82 supérieure à l'aire d'ouverture 81 du premier côté, est exposé à une deuxième valeur de champ électrique E2 supérieure à la première valeur de champ électrique E1 qui fait face au premier côté 81 du diaphragme 70.

En particulier, le champ électrique peut être absent, c'est-à-dire de valeur sensiblement nulle ($E1 \approx 0$) entre le diaphragme et le dispositif d'émission. Ce cas particulier correspond au cas où l'électrode de la structure de diaphragme 70 est polarisée au même potentiel électrique que le dispositif d'émission 50 ($Vd=Vg$ ou $Vd=Ve$ ou $Vd1=Vg$ ou $Vd1=Ve$).

Dans le cas de la figure 8A, après avoir été diaphragmés à l'endroit où l'ouverture 80 de diaphragme est la plus étroite 81, les faisceaux d'électrons sont en second lieu focalisés ou accélérés par le fort champ électrique E2 à l'endroit où l'ouverture 80 est la plus large 82. De forts effets électrostatiques se produisent dans cette zone, mais comme les trajectoires des faisceaux d'électrons transmises à ce niveau passent alors plus loin des bordures d'extrémités d'ouvertures, les trajectoires subissent moins d'aberrations.

Le dispositif, selon l'invention comporte des moyens pour appliquer des potentiels de polarisation ou des tensions électriques à chacune des électrodes précitées.

La figure 8B expose un autre mode de réalisation dans lequel, cette fois, les faisceaux d'électrons sont exposés à un gradient de champ électrique décroissant dans leur sens de propagation,
5 lors de la traversée des ouvertures 80' de diaphragme 70.

Dans ce cas, comme illustré sur la réalisation de la figure 8B selon l'invention, les ouvertures à profil taillées en biseau sont de
10 préférence orientées de façon à ce que chaque ouverture 80' de diaphragme s'étreisse dans le sens de propagation des faisceaux d'électrons. Dans ce cas, les ouvertures 80' de diaphragme taillées en biseau sont orientées de sorte que l'ouverture de largeur
15 supérieure 81' est disposée du premier côté face aux sources émettrices d'électrons, et sont exposées à un champ électrique de valeur E1' plus importante que la valeur de champ électrique E2' qui baigne le second côté du diaphragme 70. Le second côté du diaphragme
20 comporte des ouvertures 82' présentant une largeur plus étroite ou une section d'ouverture 82' d'aire inférieure, ces étroites ouvertures 82' faisant face à l'anode 40 accélératrice ou focalisatrice.

Dans le cas de la figure 8B, les faisceaux
25 d'électrons sont exposés à un gradient décroissant de champ électrique E1'/E2' dans leur sens de propagation et sont en premier lieu, focalisés ou accélérés par le fort champ électrique E1' à l'endroit où l'ouverture 80' est la plus large 81', avant d'être diaphragmés à l'endroit où l'ouverture 80' de diaphragme est la plus étroite 82', qui se trouve être l'endroit où la valeur

de champ électrique E2' est la plus faible, voir nulle. Eventuellement, le champ électrique peut en effet être absent du deuxième côté du diaphragme 70, ce qui correspond par exemple à un cas où l'anode est 5 polarisée au même potentiel que le diaphragme 70.

De façon avantageuse selon l'invention, l'effet de diaphragme est réalisé du côté du diaphragme où le champ électrique E2 est le plus faible qui correspond au côté d'ouvertures 82' plus étroites. Les 10 trajectoires des faisceaux d'électrons qui passent tout près du bord de l'ouverture subissent alors peu d'aberrations.

On constate que, grâce à l'invention, plus l'angle de biseau des ouvertures est important, plus 15 les effets précédents sont marqués et moins il se produit d'aberrations à la traversée du diaphragme. La valeur de l'angle du biseau des ouvertures est seulement limitée par la densité d'émetteur à la surface du dispositif.

20 La figure 8C montre ainsi un profil d'ouverture de diaphragme taillé en biseau avec un fort angle θ d'inclinaison d'environ 15° par rapport à l'axe de propagation des électrons. Dans d'autres modes de réalisations, non illustrées, les ouvertures de 25 diaphragme peuvent être taillées en biseau ayant un profil non linéaire, c'est-à-dire que le biseau n'est pas rigoureusement plat mais peut être convexe ou concave par exemple.

De tels profils d'ouvertures sont également 30 favorables à la réduction des aberrations lors de la traversée du diaphragme par le faisceau d'électrons.

La réalisation d'un dispositif d'émission électronique selon l'invention peut faire l'objet de plusieurs formes de réalisations et variantes de l'architecture de base, en particulier d'un arrangement 5 matriciel à deux dimensions, d'un arrangement linéaire à une dimension ou d'un arrangement multi-linéaire à deux dimensions, à pas réguliers ou à pas irréguliers.

La figure 10 illustre une vue d'ensemble d'une réalisation d'une architecture matricielle à deux 10 dimensions à pas réguliers, comprenant un réseau de sources émettrices 6 et d'ouvertures 8 de diaphragme 7 disposées selon un quadrillage régulier.

La figure 11 illustre une vue d'ensemble d'une réalisation d'un dispositif d'émission 15 électronique selon l'invention, comprenant une structure d'émission 6 comportant une seule rangée de sources et une structure de diaphragme 7 comportant une rangée d'ouvertures 8 correspondantes disposées en barrettes linéaire selon un arrangement périodique à 20 une dimension à pas réguliers. Alternativement, les sources émettrices et les ouvertures 8 de diaphragme peuvent être disposées à intervalles irréguliers.

La figure 12 illustre une vue d'ensemble 25 d'une autre réalisation de dispositif d'émission électronique selon l'invention, dans lequel la première structure 6 et la seconde structure 7 comprennent plusieurs rangées parallèles relativement espacées de sources émettrices et d'ouvertures 8 de diaphragme 30 arrangeées sur deux dimensions à pas périodiques réguliers. Alternativement, les sources émettrices et

les ouvertures 8 de diaphragme peuvent être disposées à intervalles irréguliers.

L'espacement des sources émettrices et des ouvertures 8 correspondantes peut varier de l'ordre de 5 un micromètre à une centaine de micromètre, le pas matriciel étant typiquement de quelques micromètres ou de quelques dizaines de micromètres, par exemple environ cinquante micromètres. Une telle structure s'intègre particulièrement avantageusement dans un 10 système d'émission électronique multifaisceaux à haute résolution, selon le schéma de la figure 5B qui comprend en outre une optique de focalisation 57 et une anode d'accélération électrostatique. A la sortie des ouvertures de diaphragme du dispositif d'émission 50, 15 l'ouverture angulaire des faisceaux est réduite à quelques degrés, voire en deçà du degré grâce à l'invention. L'optique de focalisation 57 est de préférence une optique de projection magnétique générant un champ magnétique de l'ordre de quelques 20 centièmes de Tesla à quelques Tesla, typiquement quelques dixièmes de Tesla. De façon avantageuse, un tel dispositif selon l'invention permet d'obtenir des spots d'électrons ayant une résolution d'ordre nanométrique.

25 D'autres formes d'arrangement, variantes et modes de réalisation pourront être mis en œuvre par l'homme de métier, sans sortir du cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'émission électronique (50) à plusieurs faisceaux d'électrons (59) comprenant une 5 première structure (6) comportant une pluralité de sources (61) d'émission de faisceau d'électrons (69), hybride (9) avec une deuxième structure (7) comportant une pluralité d'ouvertures (8) de diaphragme.
- 10 2. Dispositif selon la revendication précédente, dans lequel la deuxième structure (7) est formée par une électrode ou une membrane (70), métallique ou conductrice ou semi-conductrice.
- 15 3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'hybridation (9-9') entre la première et la deuxième structure (6-7) est réalisée par l'entremise de billes métalliques (90), notamment de billes composées d'alliage de métaux fusibles et/ou de 20 billes composées d'or.
- 25 4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'hybridation (9-9') entre la première et la deuxième structure (6-7) est réalisée par l'entremise d'un ou de plusieurs films à conduction anisotrope.
- 30 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel au moins une ouverture (80) de diaphragme présente deux surfaces d'ouvertures opposées (81/82) différentes, la surface

d'ouverture (81) - d'un côté du diaphragme (70) ayant une aire supérieure à l'aire de l'autre surface d'ouverture (82) de l'autre côté du diaphragme (70).

5 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel chaque ouverture (80) de diaphragme (70) comporte un profil de bord d'ouverture (83) en biseau, plat, concave ou convexe.

10 7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel chaque structure (6,7) comporte un agencement périodique des sources (61,62) d'émission d'électrons ou des ouvertures de diaphragme (8,80), les structures (6,7) ayant notamment 15 un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire, régulier ou irrégulier.

20 8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel les sources (61,62) d'émission de faisceau d'électrons (69) et les ouvertures (8,80) de diaphragme (70) sont agencés avec un écartement de l'ordre de quelques microns à un millimètre.

25 9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant en outre des moyens ou un système (4) de focalisation électrostatique ou magnétique ou électromagnétique des faisceaux d'électrons.

d'ouverture (81) d'un côté du diaphragme (70) ayant une aire supérieure à l'aire de l'autre surface d'ouverture (82) de l'autre côté du diaphragme (70).

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel chaque ouverture (80) de diaphragme (70) comporte un profil de bord d'ouverture (83) en biseau plan ou de forme concave ou de forme convexe.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la première et la deuxième structure (6,7) comporte un agencement périodique des sources (61,62) d'émission d'électrons et des ouvertures de diaphragme (8,80), les structures (6,7) ayant notamment un agencement matriciel ou un agencement multi-linéaire ou un agencement linéaire, régulier ou irrégulier.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel les sources (61,62) d'émission de faisceau d'électrons (69) et les ouvertures (8,80) de diaphragme (70) sont agencés avec un écartement de l'ordre de quelques microns à un millimètre.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant en outre des moyens ou un système (4) de focalisation électrostatique ou magnétique ou électromagnétique des faisceaux d'électrons.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant en outre des moyens ou un système (40) de focalisation par projection magnétique.

5

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant en outre des troisièmes moyens, ou une troisième structure (40), d'anode ou d'électrode polarisée disposée au-delà de la 10 deuxième structure (7) d'ouvertures de diaphragme (70).

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel la deuxième structure (7) comporte au moins une partie conductrice 15 (70,75) et au moins une partie diélectrique (71,72,76,77).

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel la deuxième 20 structure (7) comporte deux niveaux (70,75) d'électrodes ou de membranes, métalliques, conductrices, accolées à au moins une couche diélectrique ((71,72)).

25 14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel la deuxième structure (7) présente, autour des zones (73,78) d'ouvertures (8) de diaphragme (70), une épaisseur de l'ordre d'une fraction de micromètre à quelques 30 centaines de micromètres.

15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel la deuxième structure (7) présente, en dehors des zones (73, 78) d'ouvertures (8) de diaphragme, une épaisseur 5 (71, 72, 76, 77) de l'ordre d'un micromètre à environ un millimètre.

16. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 15, dans lequel la deuxième 10 structure (7) a une structure alvéolaire isolant chaque ouverture (8) ou plusieurs groupes d'ouvertures entre eux, de sorte que chaque ouverture ou chaque groupe d'ouvertures est soumis à un potentiel respectif de polarisation.

15

17. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, dans lequel au moins un côté (82, 82', 83) du diaphragme (70) de la deuxième structure 20 est plongé dans un champ électrique (E2) d'accélération ou de focalisation des électrons.

18. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, dans lequel la deuxième structure (7) d'ouverture de diaphragme (70) comporte 25 deux côtés opposés (81/82), un côté (81) faisant face à un champ électrique (E1), l'autre côté (82) faisant face à un autre champ électrique (E2).

19. Dispositif selon la revendication 5 ou 30 6 prise en combinaison avec la revendication 17 ou 18, dans lequel les ouvertures (80, 80') de diaphragme (70)

sont...orientées de sorte que la surface d'ouverture d'aire supérieure (82,81') fait face au champ électrique de valeur supérieure (E2,E1') , la surface d'ouverture d'aire inférieure (81,82') faisant face au 5 champ électrique de valeur inférieure (E1,E2') ou à l'absence de champ électrique.

20. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 19, dans lequel la deuxième 10 structure (70) est soumise à au moins un potentiel de polarisation (Vd,Vd1,VD2).

Pl 1/8

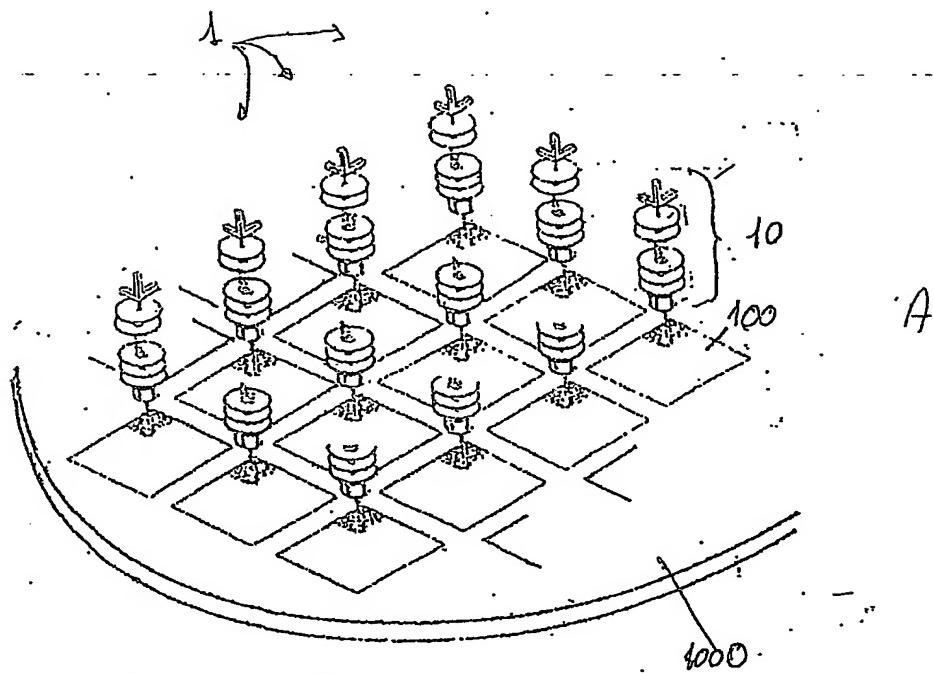
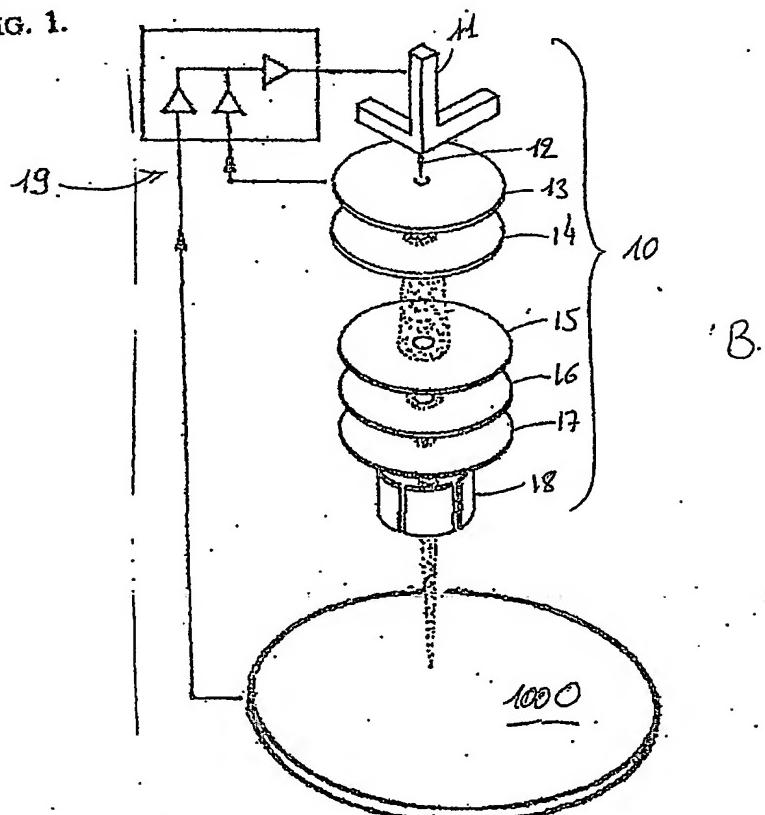


FIG. 1.



1 / 8

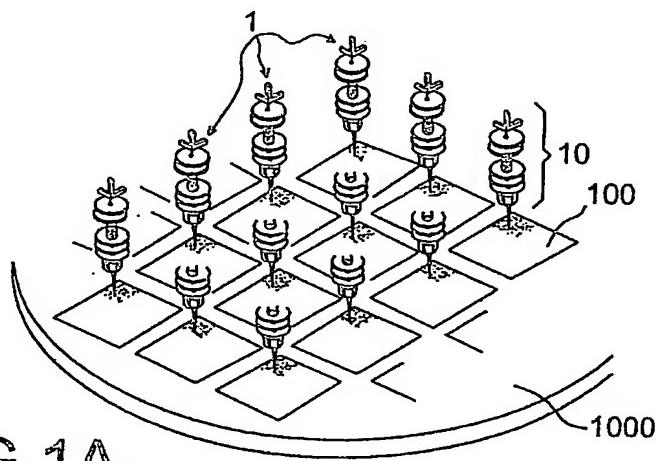


FIG 1A

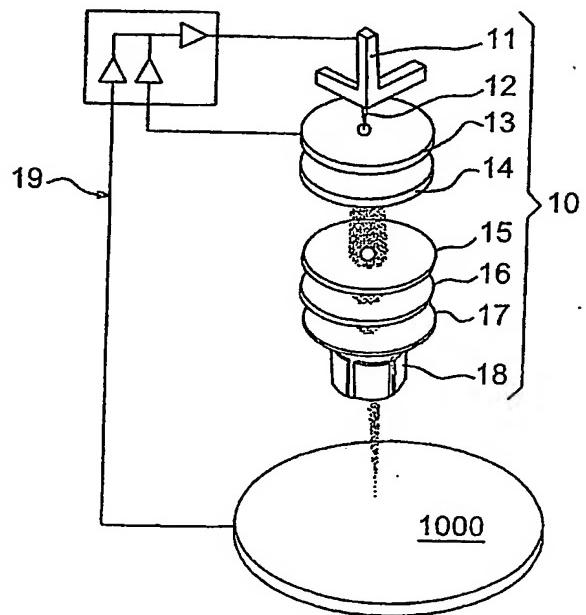


FIG 1B

Pl 2/8

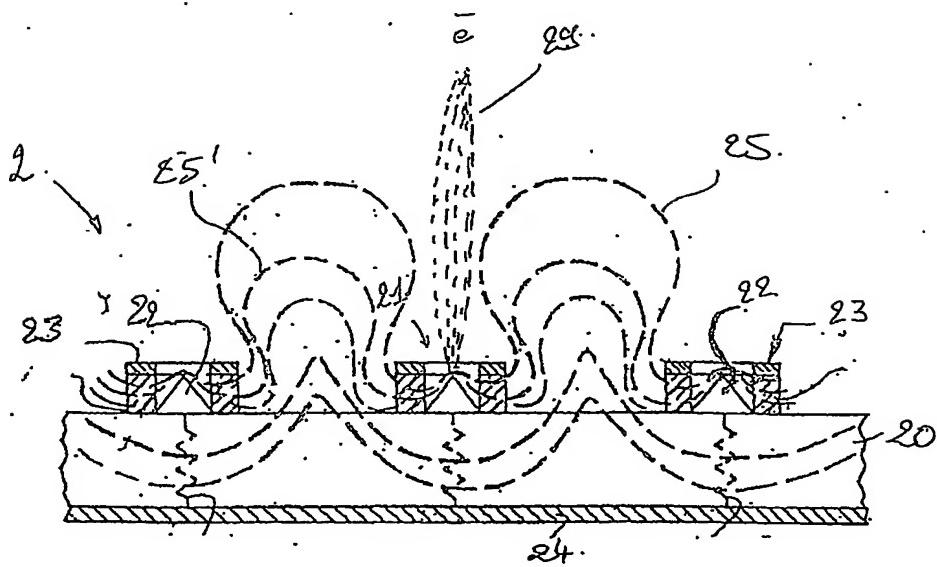


FIG 2

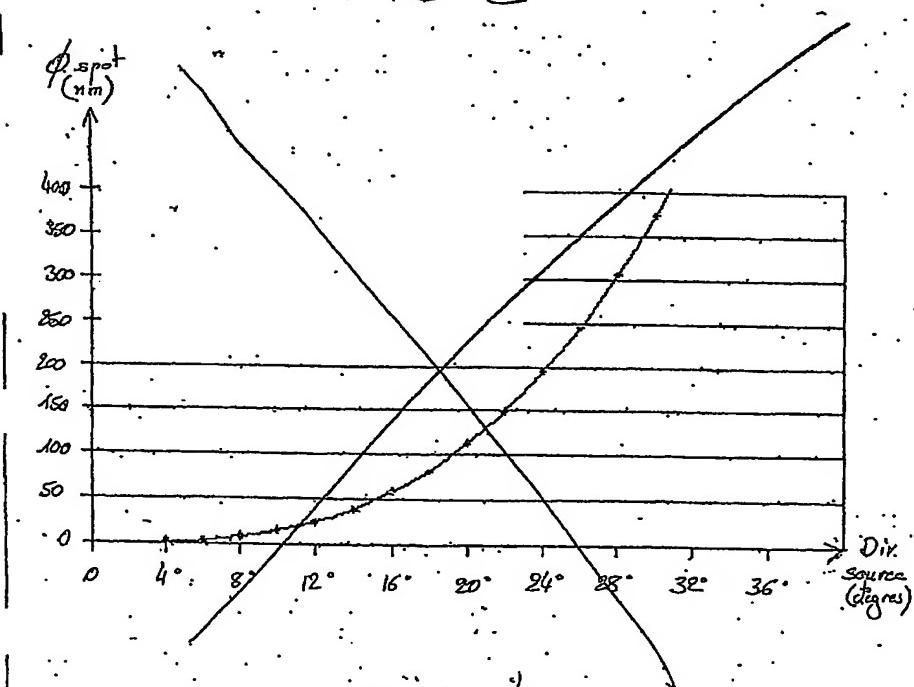


FIG 4

2 / 8

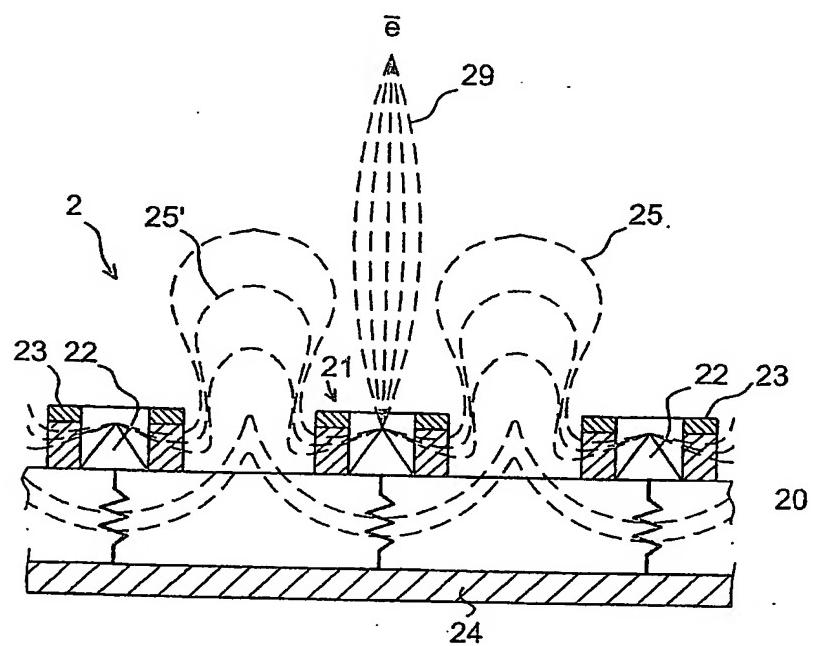


FIG 2

Pl3/8

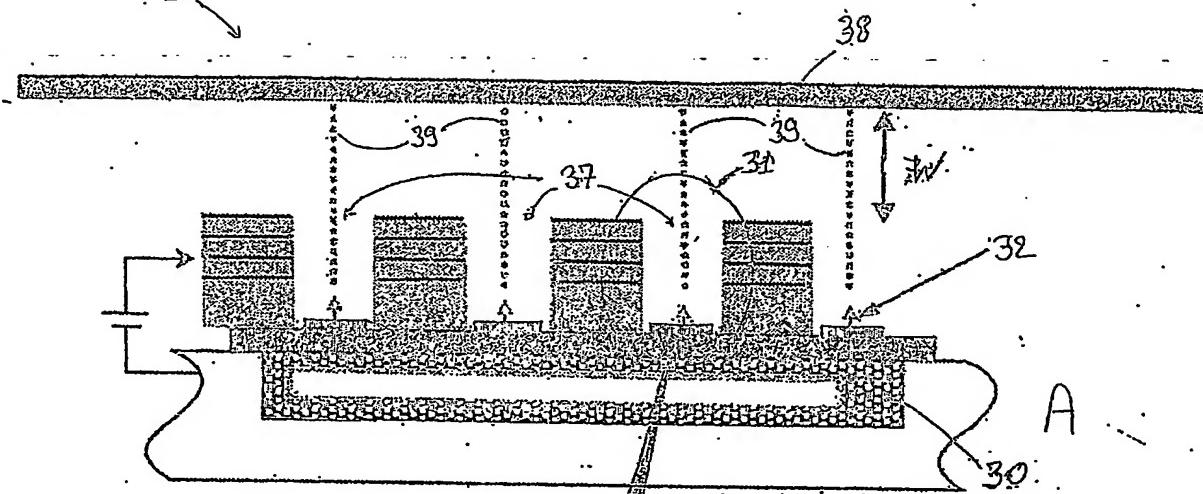
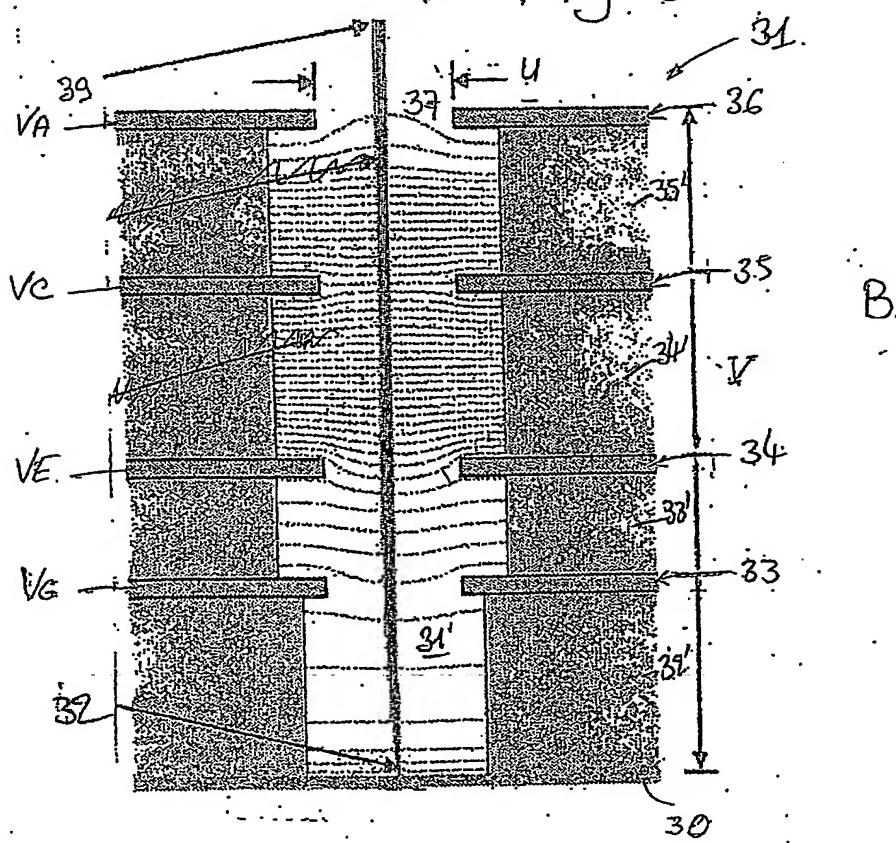


Fig. 3



3 / 8

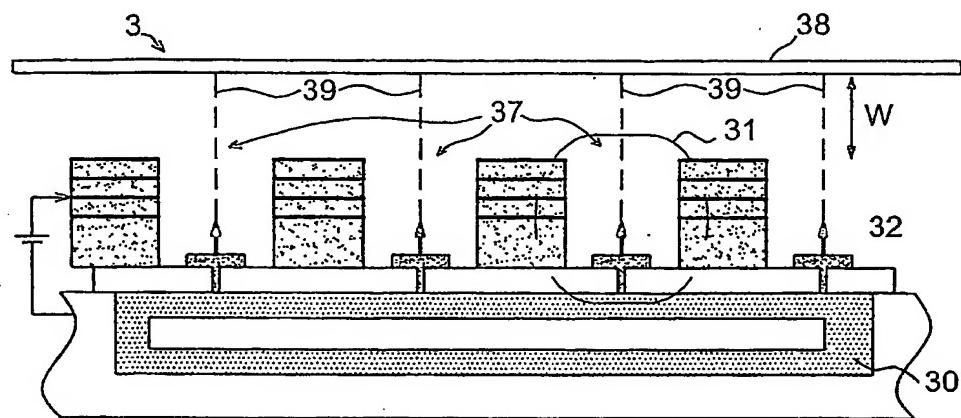


FIG 3A

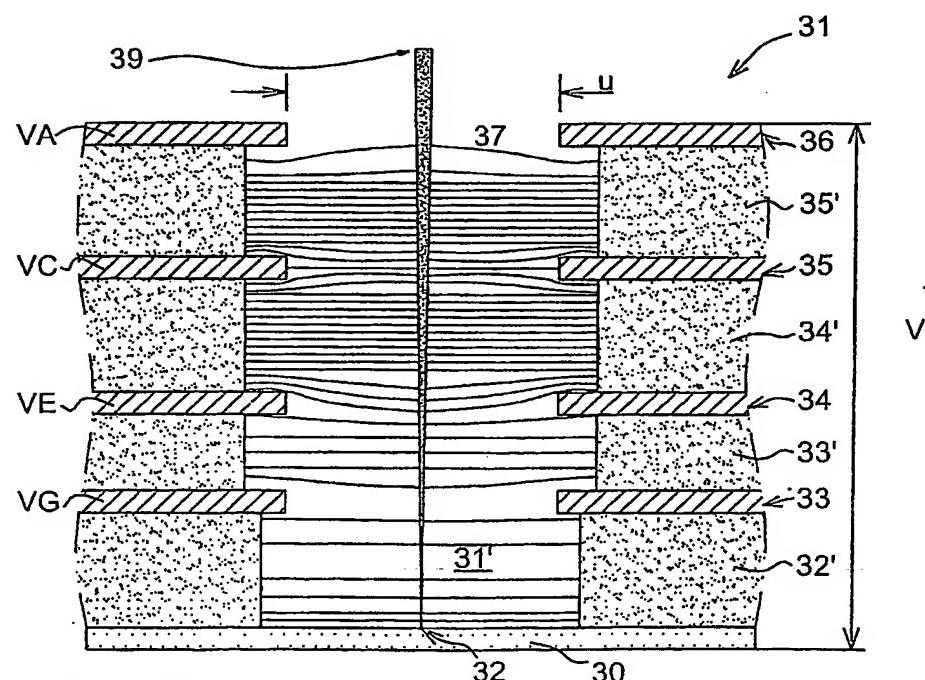


FIG 3B

1er dépôt

PCT/FR2004/003407 21/01/04

PL 4/8

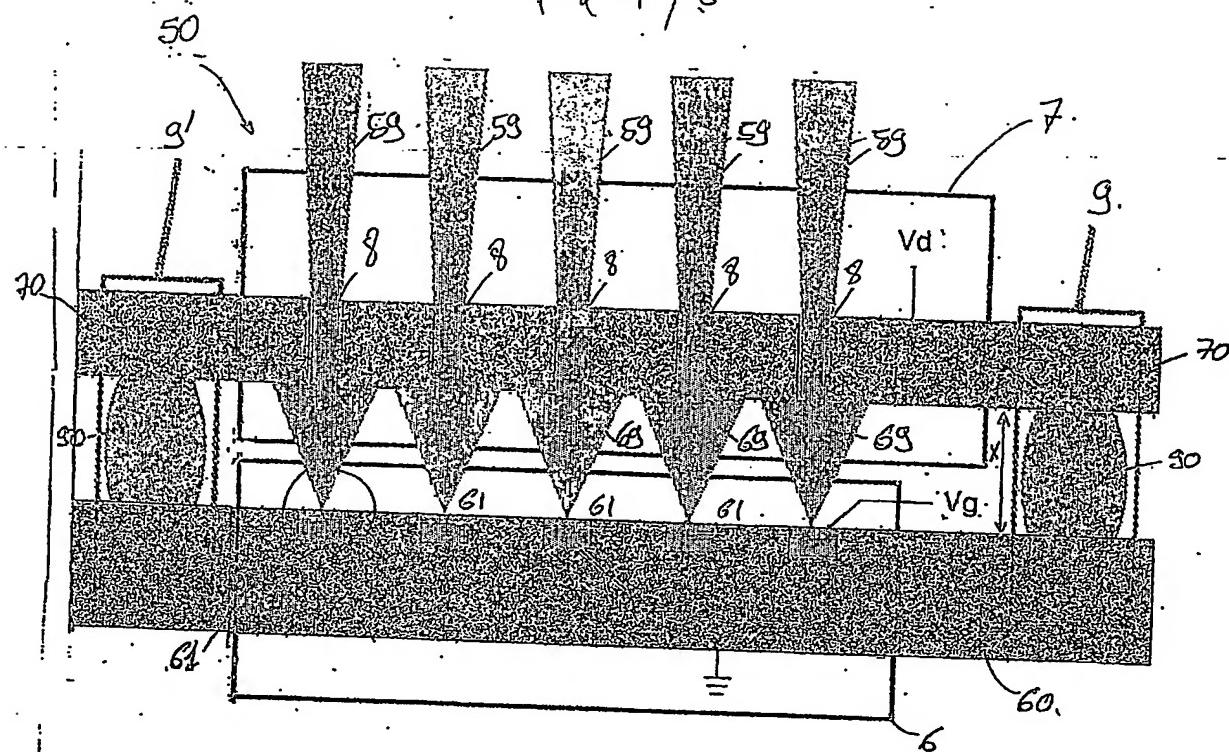


FIG. ~~5A.4~~ 4

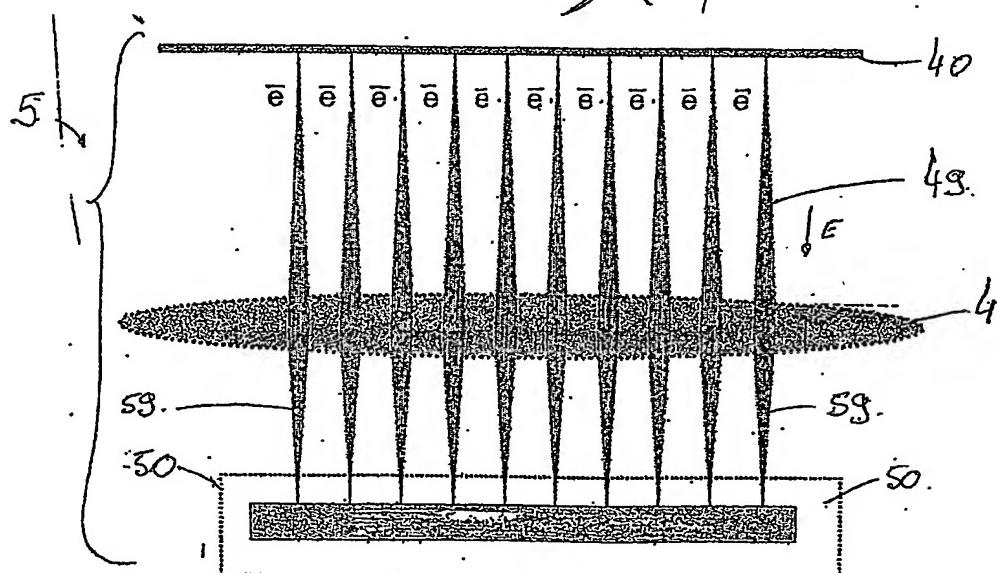


FIG. ~~5A.~~ 5

4 / 8

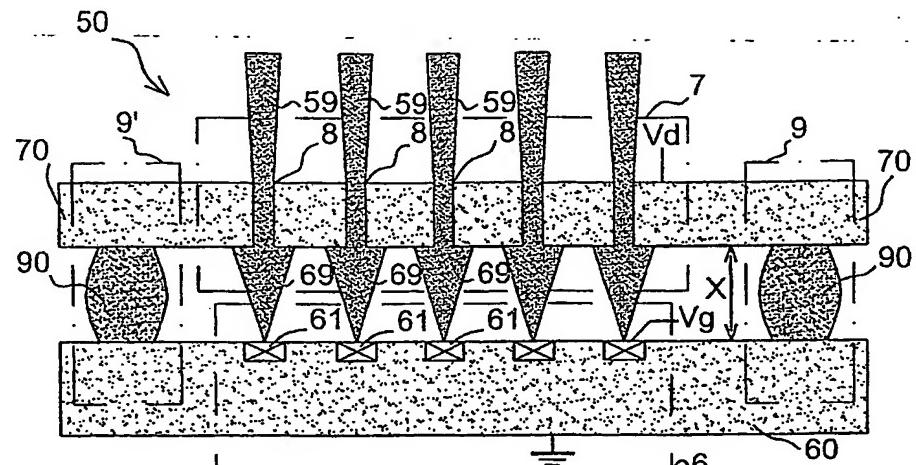


FIG 4

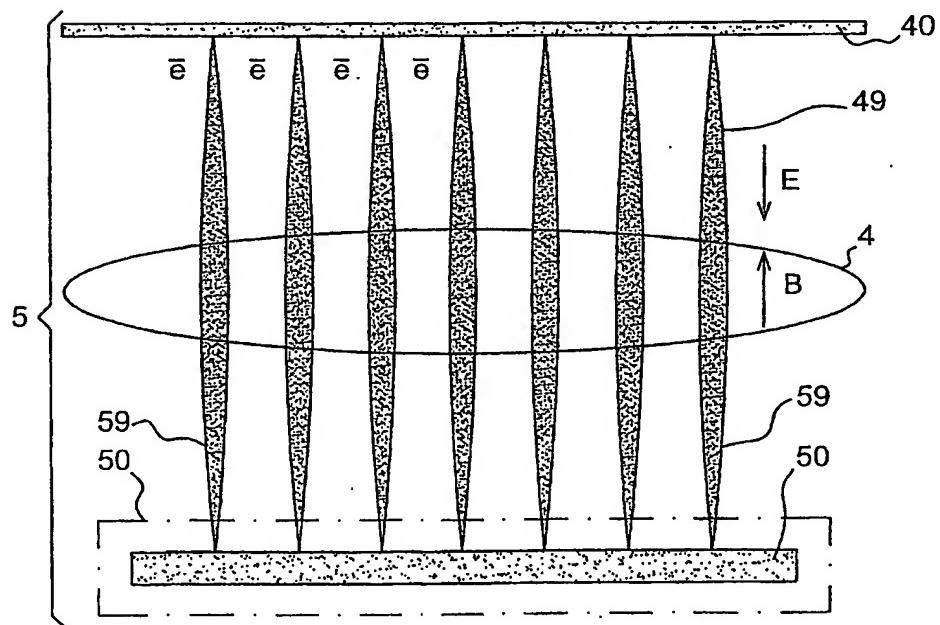


FIG 5

1er dépôt

PCT/FR2004/003407 21/01/04

P.15/8

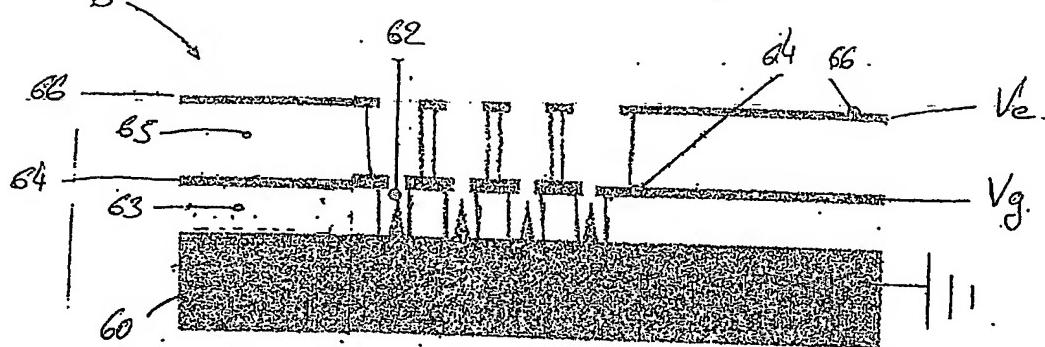


FIG. 6.

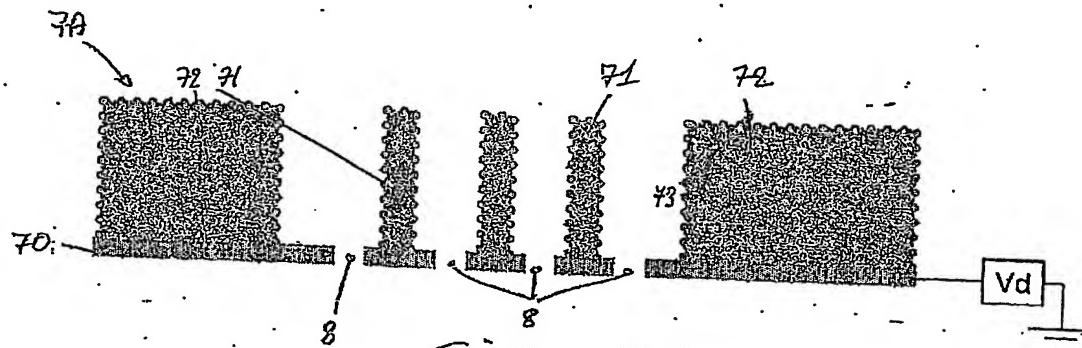


FIG. 7A.

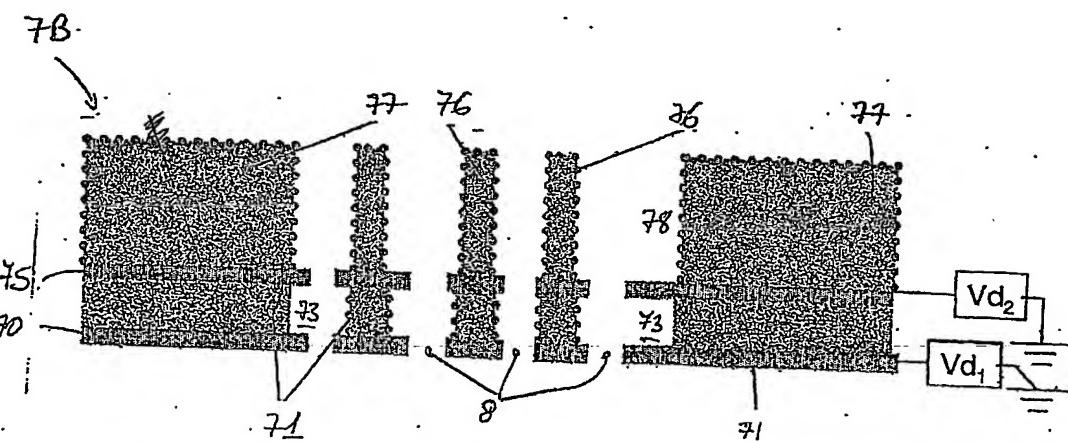


FIG. 7B.

5 / 8

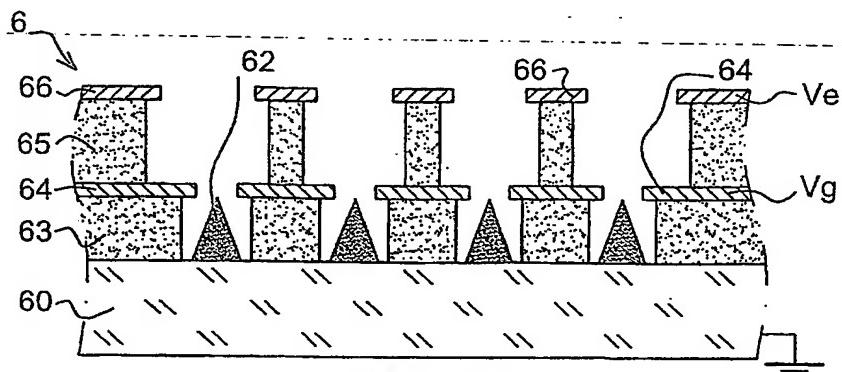


FIG 6

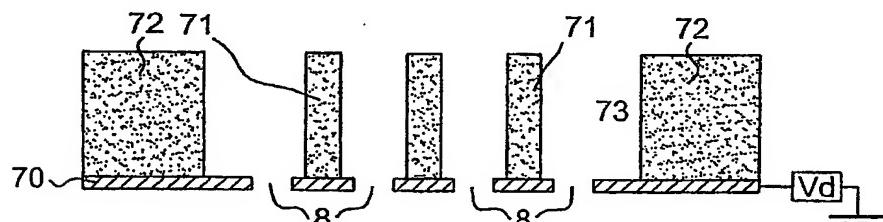


FIG 7A

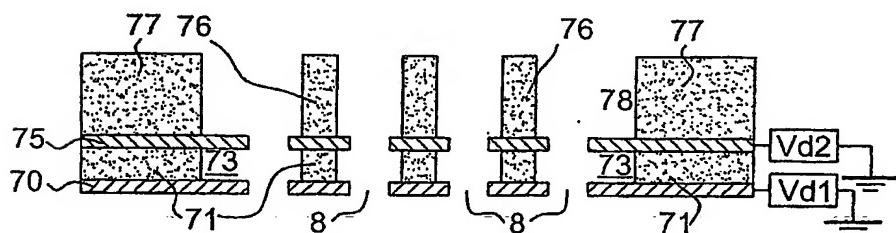
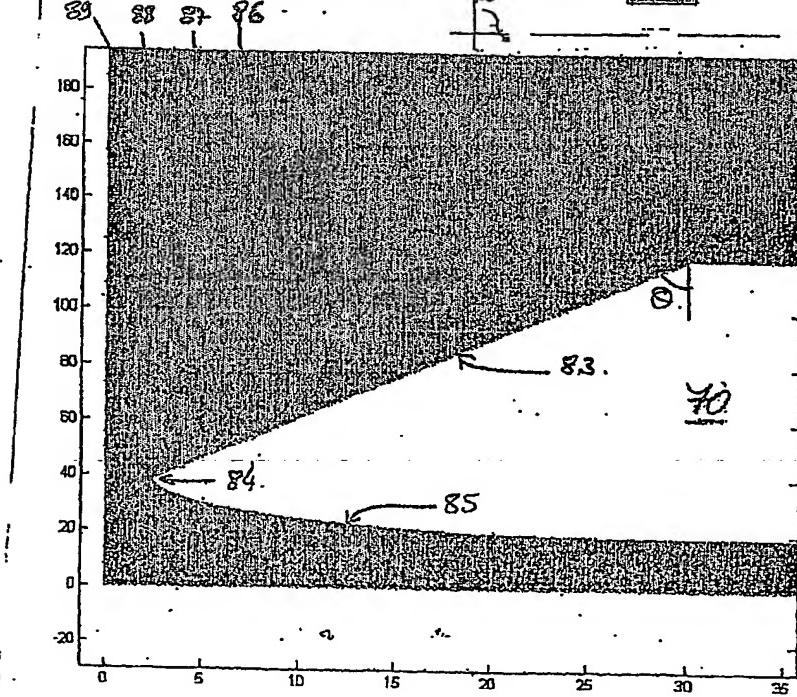
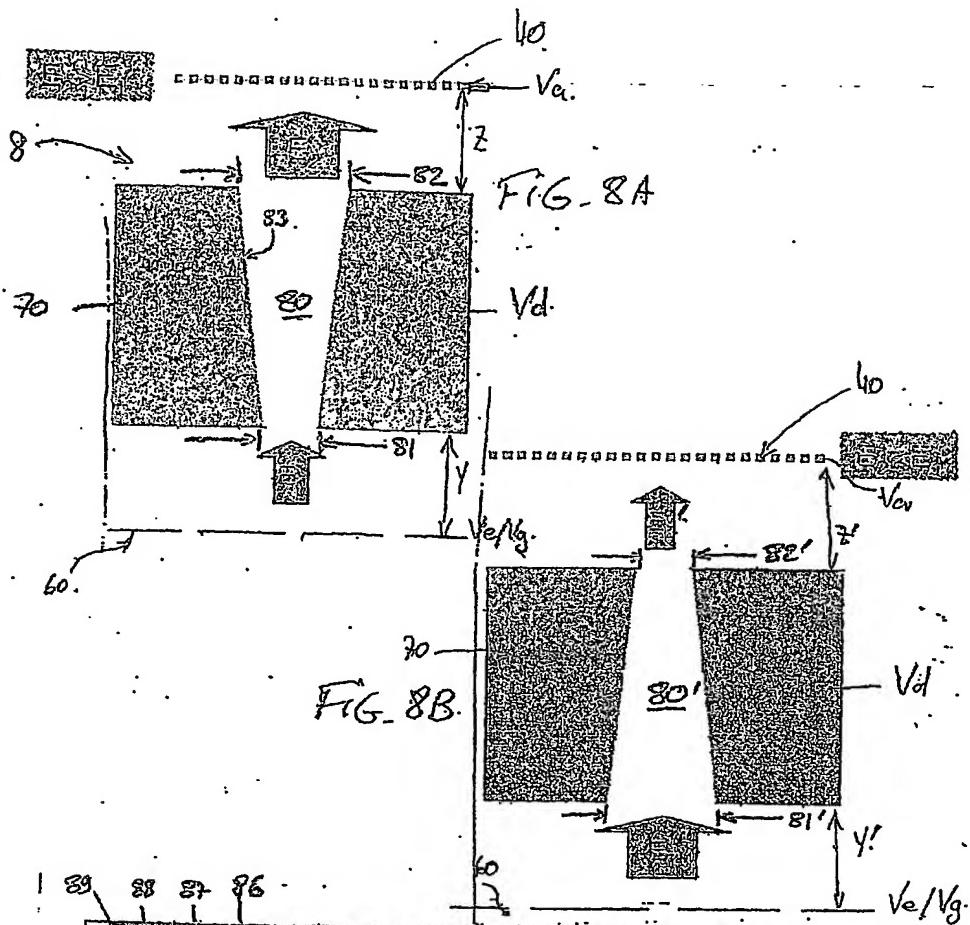


FIG 7B

Pf B/8



6 / 8

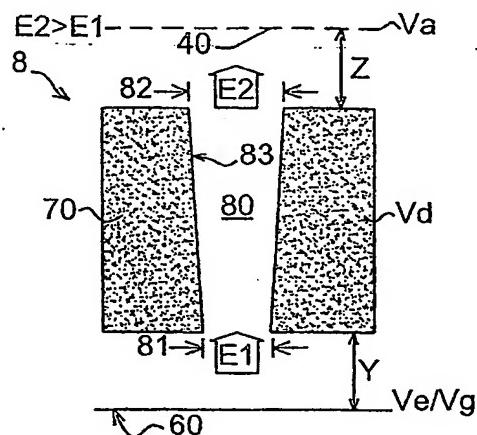


FIG 8A

FIG 8B

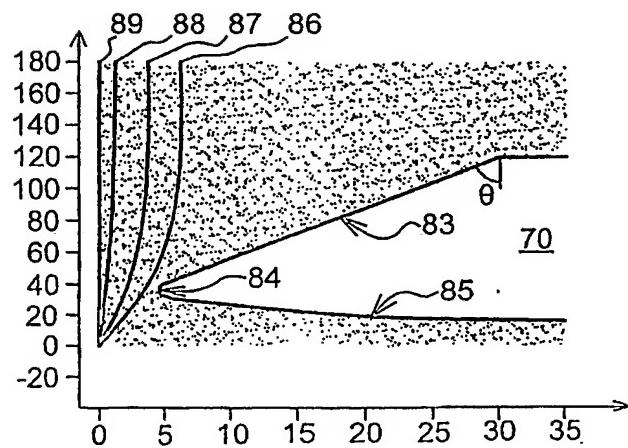
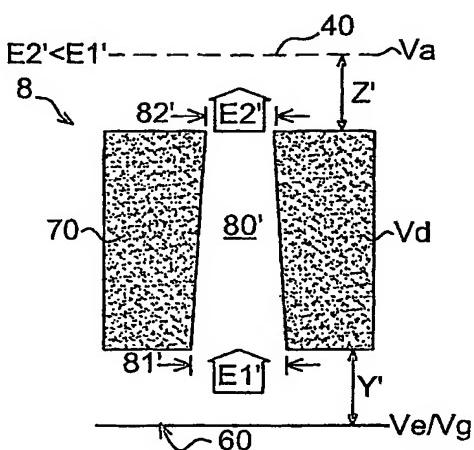


FIG 8C

1er dépôt

PCT/FR2004/003407 21/01/04

Pl. 7/8

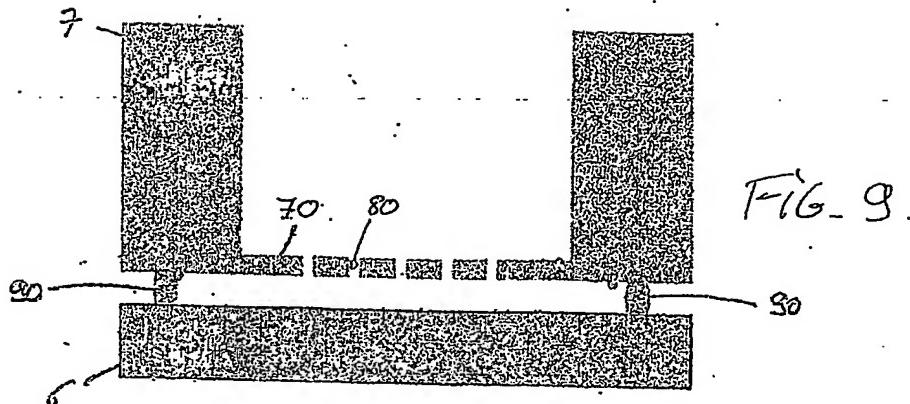


FIG. 9.

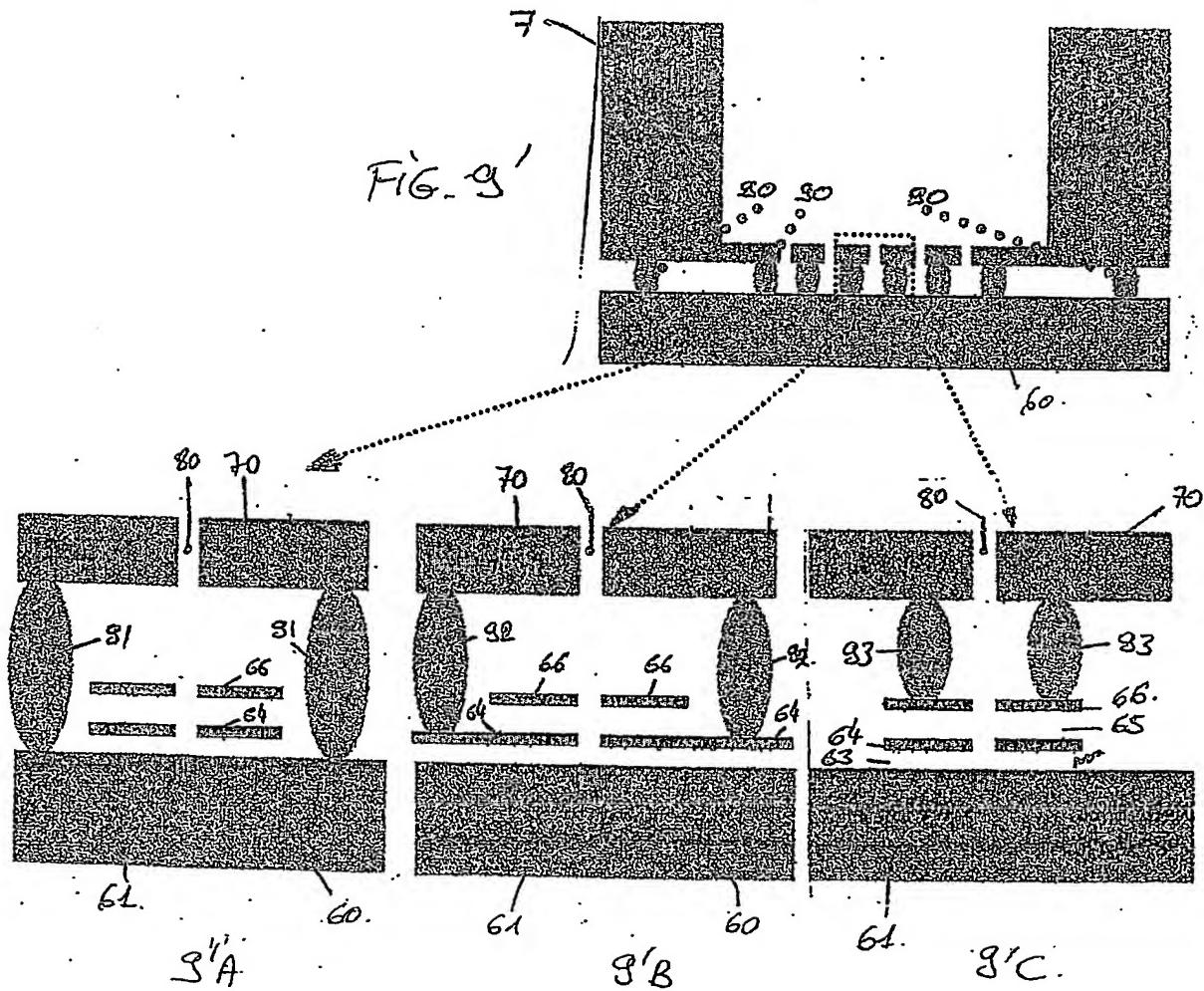


FIG. 9'

7 / 8

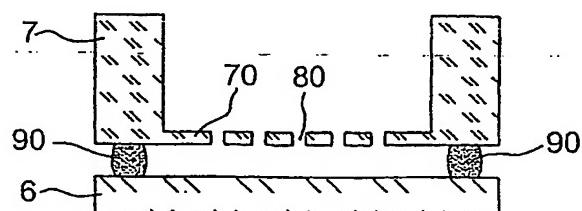


FIG 9

FIG 9'

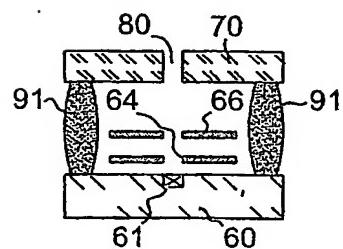
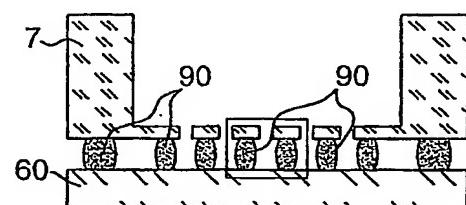


FIG 9'A

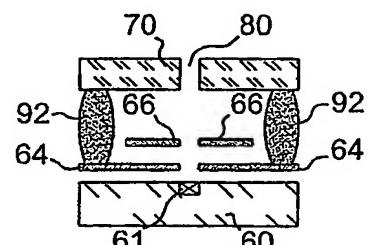


FIG 9'B

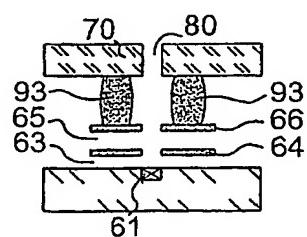


FIG 9'C

PJ 8/8

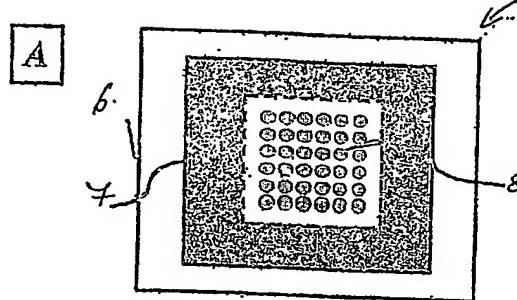


FIG. 10

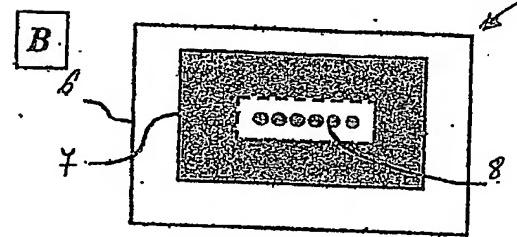


FIG. 11

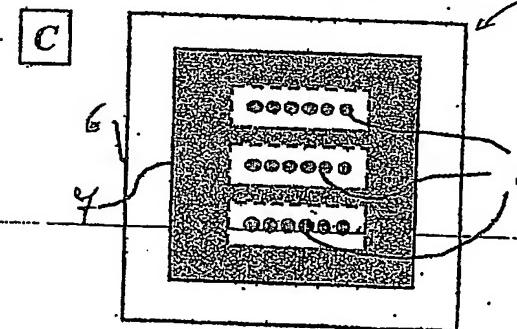


FIG. 12

8 / 8

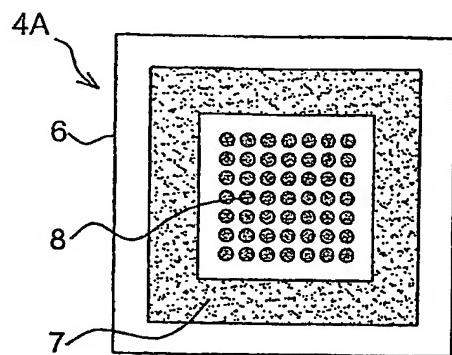


FIG 10

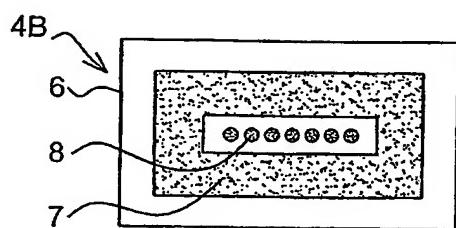


FIG 11

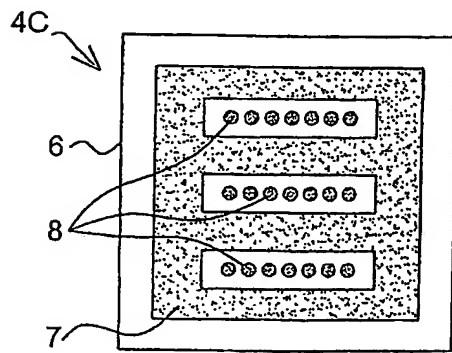


FIG 12



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B14503GF DD2652
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
DISPOSITIF D'EMISSION ELECTRONIQUE MULTIFASCEAUX HYBRIDE A DIVERGENCE CONTROLEE.	
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	DESIERES
Prénoms	Yohan
Rue	46 rue Pierre Semard
Code postal et ville	38000 GRENOBLE
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	NICOLAS
Prénoms	Pierre
Rue	20 rue de l'ancienne ferme
Code postal et ville	38120 SAINT EGREVE
Société d'appartenance	
Inventeur 3	
Nom	GILLOT
Prénoms	Charlotte
Rue	8 rue Guillaume Apollinaire
Code postal et ville	38400 SAINT-MARTIN-D'HERES
Société d'appartenance	
Inventeur 4	
Nom	GIDON
Prénoms	Serge
Rue	Le Petit Bois
Code postal et ville	38140 LA MURETTE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 Janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
 Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)

PCT/FR2004/003407

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.